



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

EFEITO DA PASTEURIZAÇÃO NA QUALIDADE E NO TEOR DE
ANTIOXIDANTES NATURAIS EM POLPA DE FRUTAS TROPICAIS –
ACEROLA (*Malpighia emarginata* L.) E CAJU (*Anacardium occidentale* L.)

Albertina de Oliveira Costa

SÃO CRISTÓVÃO - SE
Maio/2011



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**EFEITO DA PASTEURIZAÇÃO NA QUALIDADE E NO TEOR DE
ANTIOXIDANTES NATURAIS EM POLPA DE FRUTAS TROPICAIS –
ACEROLA (*Malpighia emarginata* L.) E CAJU (*Anacardium occidentale* L.)**

Albertina de Oliveira Costa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.

Orientador: Prof. Dr. Narendra Narain

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Jane de Jesus da Silveira Moreira

SÃO CRISTÓVÃO - SE

Maio/2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

C837e Costa, Albertina de Oliveira
Efeito da pasteurização na qualidade e no teor de antioxidantes naturais em polpa de frutas tropicais – acerola (*Malpighia emarginata* L.) e caju (*Anacardium occidentale* L.) / Albertina de Oliveira Costa. – São Cristóvão, 2011.
188 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Narendra Narain.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Frutas – Pasteurização. 3. Antioxidantes. 4. Acerola. 5. Caju. I. Título.

CDU 664.8.036.6:634.6



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

EFEITO DA PASTEURIZAÇÃO NA QUALIDADE E NO TEOR DE
ANTIOXIDANTES NATURAIS EM POLPA DE FRUTAS TROPICAIS –
ACEROLA (*Malpighia emarginata* L.) E CAJU (*Anacardium occidentale* L.)

Autora: Albertina de Oliveira Costa

Orientador: Prof. Dr. Narendra Narain

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Narendra Narain
Orientador / NUCTA - UFS

Prof. Dr. Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi
Examinador Interno / NUCTA - UFS

Prof. Dra. Marizeth Libório Barreiros
Examinador Externo / Departamento de Química - UFS

DEDICATÓRIA

À minha família.

Ao meu amor, Euzébio Correia.

CURRICULUM VITAE

Tecnóloga de Alimentos

Instituto Centro de Ensino Tecnológico (2006)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade concedida.

À minha família, pelo amor e apoio incondicional.

Ao meu amor, Euzébio Correia, pelo amor, companheirismo, respeito, paciência, apoio, disponibilidade e por viabilizar esta conquista.

Ao meu orientador, professor Dr. Narendra Narain, pela orientação, investimento, confiança e apoio.

À minha co-orientadora, professora Dra. Jane de Jesus da Silveira Moreira, pelos ensinamentos, disponibilidade, atenção e confiança.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Marcelo Carnelossi e Dra. Marizeth Libório, por se disponibilizarem a contribuir com este trabalho.

À universidade Federal de Sergipe, por fazer parte da minha formação científica.

À Fundação de Apoio a Pesquisa e a Inovação Tecnológica do estado de Sergipe – FAPITEC/SE e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Frutas Tropicais (INCT-FT), pelo apoio financeiro.

Às equipes do Laboratório de Análises Cromatográficas e Flavor e do Laboratório de Análises de Alimentos, pela convivência, apoio e amizade.

A todos que formam o Departamento de Tecnologia de Alimentos e o Núcleo de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos: professores, funcionários e alunos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A associação da qualidade de vida com uma alimentação saudável tem valorizado de forma significativa os alimentos de origem vegetal, principalmente as frutas, que são excelentes fontes de compostos antioxidantes. A produção de polpas de frutas congeladas é a base da agroindústria, consistindo em uma alternativa viável e de baixo custo para viabilizar a oferta de frutos durante o ano todo. Dentre as tecnologias aplicadas para obtenção das polpas, destaca-se a pasteurização, que é utilizada para conservar e prolongar o tempo de comercialização do produto. Diante deste contexto, este estudo teve como objetivo, determinar os teores de antioxidantes naturais (ácido L-ascórbico, vitamina C, compostos fenólicos totais, antocianinas monoméricas e ácidos fenólicos) e a atividade antioxidante de polpas de acerola e caju, *in natura* e pasteurizadas, avaliando o efeito da pasteurização – rápida (*HTST*: 88°C por 15 segundos) e lenta (*LTLT*: 65°C por 30 minutos) – nos teores desses compostos e na atividade antioxidante. As polpas foram caracterizadas quanto aos atributos de qualidade e foi verificado o impacto do processo sobre os compostos. A polpa de acerola foi obtida a partir de três lotes de frutas maduras; enquanto a polpa de caju foi extraída a partir de pseudofrutos em diferentes estádios de maturação (lote 01 - verde; lote 02 – maduro; lote 03 - maturação avançada). Os métodos de pasteurização provocaram poucas alterações significativas ($p \geq 0,05$) nos atributos físico-químicos avaliados nas polpas de frutas. Quanto aos compostos antioxidantes das polpas de acerola pasteurizadas, pelos dois métodos, verificou-se efeito significativo ($p \geq 0,05$), tanto positivo, sendo observado aumento nos teores de ácido L-ascórbico (lotes 01 e 02) e ácidos fenólicos (lotes 02 e 03); como negativo, relativo a redução nos teores de vitamina C e antocianinas monoméricas (lotes 01, 02 e 03). Em relação às polpas de caju, a pasteurização rápida causou perdas significativas ($p \geq 0,05$) nos teores de antocianinas monoméricas (lotes 02 e 03), ácido L-ascórbico (lote 02), vitamina C e fenólicos totais (lotes 01 e 03); e aumento nos teores de ácidos fenólicos totais (lotes 01, 02 e 03). Quanto ao método lento, foram significativas ($p \geq 0,05$) as reduções nos teores de antocianinas monoméricas (lotes 02 e 03), vitamina C e atividade antioxidante ABTS (lote 03); e os aumentos nos teores de ácidos fenólicos totais (lotes 01, 02 e 03).

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L., *Malpighia emarginata* L., tratamento térmico, antioxidantes, ABTS, FRAP, ácido L-ascórbico, antocianinas, ácidos fenólicos.

ABSTRACT

The association of quality of life with a healthy diet has significantly enhanced the utilization of plant foods, especially fruits, which are excellent sources of antioxidants. The production of frozen fruit pulp is the basis of agro-industry, consisting of a viable and low cost of its products to enable the supply of fruits throughout the year. Among the thermal processing used in producing pulps pasteurization, is most common to extend the shelf life these products. This study was aimed to determine the concentrations of natural antioxidants (L-ascorbic acid, vitamin C, total phenolics, monomeric anthocyanins and phenolic acids), and antioxidant activity of the pulp of acerola and cashew apple, fresh and pasteurized, evaluating the effect of pasteurization – High Temperature Short Time (HTST; 88°C for 15 seconds), and Low Temperature Long Time (LTLT; 65°C for 30 minutes) on these compounds and its antioxidant capacity. The pulps were characterized as the quality attributes and measured the impact of the process on compounds. The acerola pulp was obtained from three lots of mature fruit, while the cashew apple pulp was extracted from fruits of different stages of maturation (lot 01 - green, lot 02 - mature, lot 03 - advanced maturation). The methods of pasteurization resulted in little significant changes ($p \geq 0.05$) in physico-chemical attributes for both pulps. As for the antioxidant compounds of acerola pulp pasteurized by the two methods, there was a significant effect ($p \geq 0.05$), both positive, being observed increase in the concentrations of L-ascorbic acid (lots 01, and 02), and phenolic acids (lots 02, and 03), and negative, on the decrease in the concentrations of vitamin C and monomeric anthocyanins (lots 01, 02, and 03). As the cashew apple pulp, the HTST pasteurization caused significant losses ($p \geq 0.05$) in the concentrations of monomeric anthocyanins (lots 02, and 03), L-ascorbic acid (lot 02), vitamin C, and phenolic content (lots 01, and 03), and increased in the concentrations of total phenolic acids (lots 01, 02, and 03). As for the LTLT pasteurization, were significant ($p \geq 0.05$) the decreases in the concentrations of monomeric anthocyanins (lots 02, and 03), vitamin C, and antioxidant activity - ABTS (lot 03), and the increase in the concentration of total phenolic acids (lots 01, 02, and 03).

Keywords: *Anacardium occidentale* L., *Malpighia emarginata* L., thermal process, antioxidants, ABTS, FRAP, L-ascorbic acid, anthocyanins, phenolic acids.

SUMÁRIO

1. Introdução	16
2. Objetivos	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos específicos	18
3. Revisão Bibliográfica.....	19
3.1. Antioxidantes Naturais.....	19
3.1.1. Ácido ascórbico	20
3.1.2. Compostos fenólicos.....	22
3.1.2.1. Ácidos Fenólicos.....	24
3.1.2.2. Flavonóides	27
3.2. Determinação da Atividade Antioxidante Total	29
3.2.1. Método de redução do radical ABTS ^{•+}	32
3.2.2. Método de Redução do Ferro (Fe ³⁺)	33
3.3. Extração e quantificação de compostos fenólicos totais	34
3.3.1. Identificação e quantificação cromatográfica de ácidos fenólicos	36
3.4. Frutas Tropicais	40
3.4.1. Alimentos funcionais	40
3.4.2. Polpa de fruta	41
3.4.3. Processamento de frutas.....	42
3.4.4. Acerola (Malpighia emarginata L.)	43
3.4.4.1. Aspectos botânicos	43
3.4.4.2. Aspectos sócio-econômicos	44
3.4.4.3. Processamento industrial da acerola	45
3.4.5. Caju (Anacardium occidentale L.).....	47
3.4.5.1. Aspectos botânicos	47
3.4.5.2. Aspectos sócio-econômicos	48
3.4.5.3. Processamento industrial do caju.....	49
3.5. A pasteurização e seus efeitos em compostos bioativos	51
4. Material e Métodos	55
4.1. Reagentes e padrões.....	55
4.2. Obtenção da polpa de fruta – acerola e caju	55
4.3. Caracterização físico-química das polpas de frutas	57
4.4. Pasteurização das polpas de frutas.....	57
4.5. Quantificação de vitamina C	57

4.6.	Quantificação do ácido L-ascórbico por CLAE-DAD.....	57
4.7.	Determinação do teor de antocianinas monoméricas e cor polimérica ...	58
4.8.	Análise do teor de compostos fenólicos totais.....	61
4.9.	Avaliação da atividade antioxidante total	62
4.10.	Identificação e quantificação de ácidos fenólicos por CLUR-DAD	62
4.11.	Análise Estatística	64
5.	<i>Resultados e Discussão</i>	65
5.1.	Caracterização física das frutas.....	65
5.2.	Caracterização físico-química das polpas de frutas	69
5.2.1.	Atributos cromáticos.....	69
5.2.1.	Teor de umidade	74
5.2.1.	Teor de carboidratos	76
5.2.1.	Teor de cinzas	78
5.2.2.	Extrato etéreo	80
5.2.3.	Teor de proteínas	82
5.2.1.	Potencial hidrogeniônico (pH).....	84
5.2.2.	Índice de acidez total	86
5.2.3.	Teor de sólidos solúveis (°Brix).....	88
5.2.4.	Ratio.....	90
5.3.	Antocianinas monoméricas e cor polimérica.....	92
5.4.	Ácido L-ascórbico e vitamina C	97
5.5.	Compostos fenólicos totais	103
5.6.	Atividade Antioxidante Total	106
5.7.	Correlação entre as variáveis mensuradas e a atividade antioxidante ..	109
5.8.	Identificação e quantificação de ácidos fenólicos por CLUR-DAD	119
6.	<i>Conclusão</i>	152
7.	<i>Referências Bibliográficas</i>	154

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Classes de compostos fenólicos naturais.	22
Tabela 2. Grupos e fontes alimentícias de ácidos fenólicos.	25
Tabela 3. Composição centesimal da polpa de acerola.	45
Tabela 4. Padrões de identidade e qualidade para polpa de acerola.	46
Tabela 5. Composição físico-química do caju das variedades - vermelho e amarelo. ...	49
Tabela 6. Padrões de identidade e qualidade para polpa de caju.	50
Tabela 7. Características físicas dos frutos de acerola.	66
Tabela 8. Características físicas dos pseudofrutos de caju.	66
Tabela 9. Parâmetros cromáticos da polpa de acerola, referente ao lote 01, <i>in natura</i> e pasteurizada - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	71
Tabela 10. Parâmetros cromáticos da polpa de acerola, referente ao lote 02, <i>in natura</i> e pasteurizada - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	71
Tabela 11. Parâmetros cromáticos da polpa de acerola, referente ao lote 03, <i>in natura</i> e pasteurizada - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	72
Tabela 12. Parâmetros cromáticos da polpa de caju, referente ao lote 01, <i>in natura</i> e pasteurizada - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	72
Tabela 13. Parâmetros cromáticos da polpa de caju, referente ao lote 02, <i>in natura</i> e pasteurizada - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	73
Tabela 14. Parâmetros cromáticos da polpa de caju, referente ao lote 03, <i>in natura</i> e pasteurizada - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	73
Tabela 15. Teor de umidade (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	75
Tabela 16. Teor de umidade (mg.100g^{-1}) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	75
Tabela 17. Teor de carboidratos (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	77
Tabela 18. Teor de carboidratos (mg.100g^{-1}) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	77
Tabela 19. Teor de cinzas (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	79

Tabela 20. Teor de cinzas (mg.100g^{-1}) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	79
Tabela 21. Teor de extrato etéreo (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	81
Tabela 22. Teor de extrato etéreo (mg.100g^{-1}) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	81
Tabela 23. Teor de proteínas (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	83
Tabela 24. Teor de proteínas (mg.100g^{-1}) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	83
Tabela 25. Potencial hidrogeniônico (pH) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	85
Tabela 26. Potencial hidrogeniônico (pH) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	85
Tabela 27. Índice de acidez (% ácido cítrico) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	87
Tabela 28. Índice de acidez (% ácido málico) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	87
Tabela 29. Teor corrigido de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	89
Tabela 30. Teor corrigido de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	89
Tabela 31. <i>Ratio</i> das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	91
Tabela 32. <i>Ratio</i> das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	91
Tabela 33. Teor de antocianinas monoméricas (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	93
Tabela 34. Percentual de cor polimérica nas polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	93
Tabela 35. Teor de antocianinas monoméricas (mg.100g^{-1}) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	94

Tabela 36. Percentual de cor polimérica nas polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	94
Tabela 37. Teor de ácido L-ascórbico (mg.100g ⁻¹) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	100
Tabela 38. Teor de vitamina C (mg.100g ⁻¹) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	100
Tabela 39. Teor de ácido L-ascórbico (mg.100g ⁻¹) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	100
Tabela 40. Teor de vitamina C (mg.100g ⁻¹) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	101
Tabela 41. Teor de compostos fenólicos totais (mg equivalente ao ácido gálico.100g ⁻¹) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	105
Tabela 42. Teor de compostos fenólicos totais (mg equivalente ao ácido gálico.100g ⁻¹) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	105
Tabela 43. Atividade antioxidante total pelo método ABTS (μM Trolox.g ⁻¹) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	106
Tabela 44. Atividade antioxidante total pelo método FRAP (μM Fe ₂ SO ₄ .g ⁻¹) das polpas de acerola <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	106
Tabela 45. Atividade antioxidante total pelo método ABTS (μM Trolox.g ⁻¹) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	107
Tabela 46. Atividade antioxidante total pelo método FRAP (μM Fe ₂ SO ₄ .g ⁻¹) das polpas de caju <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).	107
Tabela 47. Coeficientes de correlação entre os compostos bioativos mensurados e a atividade antioxidante (ABTS / FRAP) das polpas de acerola <i>in natura</i>	112
Tabela 48. Coeficientes de correlação entre os compostos bioativos mensurados e a atividade antioxidante (ABTS / FRAP) das polpas de caju <i>in natura</i>	112
Tabela 49. Teor de ácido gálico (mg.100g ⁻¹), valores expressos em base seca (média ± desvio padrão), das polpas de acerola e caju, <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	124

Tabela 50. Teor de ácido protocatecúico (mg.100g^{-1}), valores expressos em base seca (média \pm desvio padrão), das polpas de acerola e caju, <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	125
Tabela 51. Teor de ácido vanílico (mg.100g^{-1}), valores expressos em base seca (média \pm desvio padrão), das polpas de acerola e caju, <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	126
Tabela 52. Teor de ácido <i>p</i> -cumárico (mg.100g^{-1}), valores expressos em base seca (média \pm desvio padrão), das polpas de acerola e caju, <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	127
Tabela 53. Teor de ácido caféico (mg.100g^{-1}), valores expressos em base seca (média \pm desvio padrão), das polpas de acerola e caju, <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	128
Tabela 54. Teor de ácidos fenólicos totais (mg.100g^{-1}), valores expressos em base seca, das polpas de acerola, <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	150
Tabela 55. Efeito (%) dos métodos de pasteurização – rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>) - nos teores de ácidos fenólicos totais (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola.....	150
Tabela 56. Teor de ácidos fenólicos totais (mg.100g^{-1}), valores expressos em base seca, das polpas de caju, <i>in natura</i> e pasteurizadas - método rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>).....	151
Tabela 57. Efeito (%) dos métodos de pasteurização – rápido (<i>HTST</i>) e lento (<i>LTLT</i>) - nos teores de ácidos fenólicos totais (mg.100g^{-1}) das polpas de caju.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismo de conversão do ácido L-ascórbico (I) em ácido dehidroascórbico (II) e ácido 2,3-dicetogulônico (III).	20
Figura 2. Estrutura química dos ácidos hidroxibenzóicos (A), ácidos hidroxicinâmicos (B) e da cumarina (C).	24
Figura 3. Subclasses de flavonóides.	27
Figura 4. Redução do ABTS ^{••} por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.	32
Figura 5. Redução do complexo TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina) com Fe ³⁺	33
Figura 6. Lotes de caju e acerola utilizados para extração das polpas estudadas.	56
Figura 7. Extrato alcóolico de antocianinas monoméricas obtidas a partir de polpas de acerola (lotes 01, 02 e 03) e caju (lotes 01, 02 e 03), respectivamente.	59
Figura 8. Diluição dos extratos de polpas de acerola (lotes 01, 02 e 03) e caju (lotes 01, 02 e 03), respectivamente, em tampão de pH 1,0 (cloreto de potássio 0,025 mol.L ⁻¹).	60
Figura 9. Comparativo entre as diluições dos extratos de acerola em tampões de pH 1,0 (cloreto de potássio 0,025 mol.L ⁻¹) e 4,5 (Acetato de sódio 0,4 mol.L ⁻¹).	60
Figura 10. Comparativo entre as diluições dos extratos de caju em tampões de pH 1,0 (cloreto de potássio 0,025 mol.L ⁻¹) e 4,5 (Acetato de sódio 0,4 mol.L ⁻¹).	61
Figura 11. Demonstração das polpas de acerola <i>in natura</i> (A) e pasteurizadas pelo método rápido (B) e lento (C).	70
Figura 12. Demonstração das polpas de caju <i>in natura</i> (D) e pasteurizadas pelo método rápido (E) e lento (F).	70
Figura 13. Espectro de absorção do ácido L-ascórbico CLAE - DAD.	98
Figura 14. Curva de calibração do padrão de ácido L-ascórbico (R ² = 0,9996).	98
Figura 15. Cromatograma representativo do extrato de ácido L-ascórbico obtido a partir de polpa de acerola <i>in natura</i> (2,0g de polpa/6 mL de solução extratora).	99
Figura 16. Cromatograma representativo do extrato de ácido L-ascórbico obtido a partir de polpa de caju <i>in natura</i> (0,2g de polpa/6 mL de solução extratora).	99
Figura 17. Correlação entre o teor de ácido L-ascórbico e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de acerola <i>in natura</i>	113

Figura 18. Correlação entre o teor de vitamina C e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de acerola <i>in natura</i>	114
Figura 19. Correlação entre o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de acerola <i>in natura</i>	115
Figura 20. Correlação entre o teor de ácido L-ascórbico e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de caju <i>in natura</i> .	116
Figura 21. Correlação entre o teor de vitamina C e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de caju <i>in natura</i>	117
Figura 22. Correlação entre o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de acerola <i>in natura</i>	118
Figura 23. Espectro de absorção do ácido gálico por CLUR-DAD.....	120
Figura 24. Espectro de absorção do ácido protocatecúico por CLUR-DAD.....	120
Figura 25. Espectro de absorção do ácido vanílico por CLUR-DAD.	121
Figura 26. Espectro de absorção do ácido ferúlico por CLUR-DAD.....	121
Figura 27. Espectro de absorção do ácido caféico por CLUR-DAD.....	122
Figura 28. Espectro de absorção do ácido <i>p</i> -cumárico CLUR-DAD.	122
Figura 29. Cromatogramas representativos de padrões de ácidos fenólicos monitorados a 254 nm, 270 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm (PDA Multi 1): ácido gálico (1,084 min.), ácido protocatecúico (2,140 min.), ácido vanílico (3,796 min.), ácido <i>p</i> -cumárico (4,838 min.) e ácido caféico (5,506 min.). 280 nm (PDA Multi 2): ácido gálico (1,084 min.), ácido protocatecúico (2,139 min.), ácido vanílico (3,818 min.), ácido <i>p</i> -cumárico (4,837 min.) e ácido caféico (5,506 min.). 325 nm (PDA Multi 3): ácido gálico (1,084 min.), ácido vanílico (3,822 min.), 4 = ácido <i>p</i> -cumárico (4,837 min.) e ácido caféico (5,506 min.).....	123
Figura 30. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de acerola <i>in natura</i> , monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda	

- que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina). 130
- Figura 31. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).131
- Figura 32. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método lento, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).132
- Figura 33. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de caju *in natura*, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (2); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (2); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina)..... 133
- Figura 34. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (1); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (1); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (1). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).134
- Figura 35. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método lento, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) -

ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina). 135

Figura 36. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de acerola *in natura*, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A) - ácido protocatecúico (1); lote 02 (B) - ácido protocatecúico (1); lote 03 (C) - ácido protocatecúico (1). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina). 136

Figura 37. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A) - ácido protocatecúico (1); lote 02 (B) - ácido protocatecúico (1); lote 03 (C) - ácido protocatecúico (1). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina). 137

Figura 38. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método lento, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A) - ácido protocatecúico (1); lote 02 (B) - ácido protocatecúico (1); lote 03 (C) - ácido protocatecúico (1). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina). 138

Figura 39. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de caju *in natura*, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (1); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (1); lote 03 (F) - ácido *p*-

cumárico (1). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).	139
Figura 40. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D) - ácido <i>p</i> -cumárico (1); lote 02 (E) - ácido <i>p</i> -cumárico (1); lote 03 (F) - ácido <i>p</i> -cumárico (1). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).	140
Figura 41. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método lento, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D) - ácido <i>p</i> -cumárico (1); lote 02 (E) - ácido <i>p</i> -cumárico (1); lote 03 (F) - ácido <i>p</i> -cumárico (1). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).	141
Figura 42. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de acerola <i>in natura</i> , monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).	143
Figura 43. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).	144
Figura 44. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método lento, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02	

(B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina)..... 145

Figura 45. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de caju *in natura*, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina). 146

Figura 46. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina). 147

Figura 47. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método lento, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina). 148

1. Introdução

A diversidade de climas e microclimas fazem do Brasil um país de excelente condição para a produção de frutas, sendo um dos três maiores produtores mundiais, com uma produção anual em torno de 39 milhões de toneladas. A elevada perecibilidade das frutas dificulta a comercialização na forma *in natura*, representando pouco mais de 1% das exportações, tendo como fator limitante o curto tempo de vida útil destas frutas, pois apresentam rápido amadurecimento e deterioração, gerando um elevado índice de perdas e reduzindo o período de disponibilidade (FAO, 2007).

O crescimento da indústria de processamento de frutas tem se caracterizado, em grande parte, pela produção de polpas congeladas, que surge como um importante segmento agroindustrial. Além de atender as tendências de mercado, a comercialização de frutas na forma de polpa congelada é uma maneira fácil, prática e simples de aproveitar e estocar o excesso de frutas produzidas na safra, agregando valor às frutas, reduzindo os desperdícios e as perdas oriundos dos processos de seleção e classificação, promovendo o aproveitamento dos excedentes de safra, gerando empregos permanentes e interiorizando o desenvolvimento (IBRAF, 2005).

A agroindústria de produção de polpa de frutas tem como objetivos a obtenção de produtos, microbiologicamente seguros, com características sensoriais e nutricionais próximas da fruta *in natura*, visando atender tanto os padrões exigidos pela legislação brasileira, como às exigências do consumidor (AMARO *et al.*, 2002). Várias técnicas de industrialização podem ser empregadas com o objetivo de conservar os derivados de frutas, prolongando seu tempo de comercialização, dentre estas, as mais utilizadas são os tratamentos térmicos - branqueamento e pasteurização - aliados com a conservação a temperatura baixa - refrigeração e congelamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A crescente consciência mundial a respeito da importância da qualidade de vida, a necessidade de uma alimentação saudável e uma mudança nos antigos hábitos de consumo tem valorizado de forma significativa o alimento em sua forma natural. A preocupação com a incorporação de ingredientes funcionais à dieta e a manutenção destes nos alimentos industrializados determinarão um cenário onde gradualmente a indústria deverá se adequar para atender um mercado consumidor, que além da qualidade sensorial, exige também a qualidade nutricional e higiênico-sanitária.

Ultimamente, grande atenção tem sido dada ao papel da dieta na saúde humana. Passamos por uma mudança dos conceitos quanto às formas de obtenção dos alimentos. Em adição as características nutricionais e sensoriais, os alimentos também estão sendo reconhecidos como fontes de substâncias que oferecem proteção à saúde. Por isso, o processamento de frutas deve ser realizado de forma a garantir que as características da fruta fresca sejam preservadas em seus derivados. A aplicabilidade dos processos de obtenção, conservação e armazenamento dos derivados de frutas deve ser testada a fim de evitar prejuízos à qualidade nutricional do produto final.

Diversos tipos de substâncias naturais que apresentam algum tipo de atividade biológica (antibiótica, hormonal, antioxidante, quimiopreventiva e/ou imunológica) foram identificados em vegetais, sendo estes compostos denominados de substâncias fitoquímicas, para ressaltar a sua origem (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996). Há diversos estudos relacionados à determinação da capacidade antioxidante de frutas (ROCKENBACH *et al.*, 2008; BROINIZI *et al.*, 2007; TERMENTZI *et al.*, 2006; THAIPONG *et al.*, 2006; KUSKOSKI *et al.*, 2005; VENDRAMINI & TRUGO, 2004; BATISTA *et al.*, 2000). No entanto, poucos avaliam o efeito do processamento sobre os compostos que apresentam atividade antioxidante (PÉREZ-CONESA *et al.*, 2009; FERNANDES *et al.*, 2007; MAIA *et al.*, 2007), sendo necessário estudos sobre a influência do processamento nos constituintes biológicos em derivados de frutas.

Na linha de processamento de polpa de fruta vários tipos de processos podem ser utilizados. No entanto, mesmo nas indústrias de maior porte, a tecnologia mais especializada envolve os processos de pasteurização e envase asséptico do produto, sendo, a pasteurização, uma das etapas do processamento de frutas que mais tem se difundido nos últimos anos e, visto a sensibilidade dos compostos que apresentam atividade antioxidante ante ao tratamento térmico, a avaliação do efeito da pasteurização no teor destes torna-se necessária.

O Brasil possui uma flora riquíssima, abrangendo diversas frutíferas de valor comercial. Dentre elas, a acerola (*Malpighia emarginata* L.) e o caju (*Anacardium occidentale* L.), frutas de excelente valor nutricional e grande capacidade industrial. Diante deste contexto, esse trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da pasteurização, rápida e lenta, sobre a qualidade físico-química e o teor de compostos antioxidantes, de forma isolada e conjunta, em polpas de acerola e caju.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da pasteurização - rápida (HTST: 88°C por 15 segundos) e lenta (LTLT: 65°C por 30 minutos) na qualidade e no teor de antioxidantes naturais de polpas de frutas tropicais – acerola e caju.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar as frutas utilizadas – acerola e caju - para obtenção das polpas através de análises físicas (massa, tamanho, diâmetro, firmeza e coloração da casca).
- ✓ Caracterizar a polpa obtida dos frutos de acerola e caju, tanto *in natura* como pasteurizada, por meio de análises físico-químicas (pH, acidez total, teor de sólidos solúveis, proteínas, lipídeos, umidade, cinzas e cor).
- ✓ Realizar as seguintes determinações químicas nas polpas de frutas *in natura*:
 - Teor de antocianinas monoméricas e cor polimérica por espectrofotometria;
 - Teor de ácido L-ascórbico por Cromatografia líquida de alta eficiência;
 - Teor de Vitamina C por titulometria;
 - Teor de fenólicos totais por espectrofotometria;
 - Atividade antioxidante, usando os métodos - FRAP e ABTS.
- ✓ Avaliar o efeito da pasteurização rápida (HTST: 88°C por 15 segundos) e lenta (LTLT: 65°C por 30 minutos) sobre a atividade antioxidante total, o teor de fenólicos totais, vitamina C, ácido L-ascórbico, antocianinas monoméricas e cor polimérica pela determinação destes componentes nas polpas de frutas pasteurizadas.
- ✓ Correlacionar os coeficientes de fenólicos totais, vitamina C e ácido L-ascórbico com a atividade antioxidante total (métodos ABTS e FRAP) das polpas.
- ✓ Identificar e quantificar os ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido protocatecúico, ácido caféico, ácido ferúlico, ácido *p*-cumárico e ácido vanílico) presentes nas polpas de frutas, *in natura* e pasteurizadas, por cromatografia líquida ultra rápida (CLUR-DAD).

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Antioxidantes Naturais

Antioxidantes naturais são definidos como qualquer substância que, presente em menores concentrações quando comparada a um substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação deste de maneira eficaz. Os antioxidantes naturais incluem os tocoferóis, vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos. Estes compostos estão despertando grande interesse por parte da indústria de alimentos que utilizam os antioxidantes para evitar a deterioração dos produtos e manter o valor nutricional; bem como, da indústria farmacêutica, pois podem ajudar na proteção do organismo contra os danos causados pelas espécies reativas do oxigênio e doenças degenerativas (SHAHIDI, 1996).

Estudos realizados com antioxidantes naturais demonstraram que é possível diminuir o risco de desenvolver doenças, como certos tipos de câncer, aterosclerose, artrite reumatóide e redução do sistema imunológico, devido à remoção ou ao impedimento da formação de radicais livres e de espécies reativas do oxigênio, que danificam enzimas mitocondriais, membranas plasmáticas e o próprio DNA (GORDON, 1996). Sugere-se que os compostos antioxidantes atuem nos sistemas biológicos de forma coordenada, ao proteger contra o estresse oxidativo (KITTS, 1997).

Na maioria dos alimentos não processados os antioxidantes estão presentes naturalmente, conferindo a eles proteção contra as mudanças oxidativas (DECKER, 1997). Além de aumentar a resistência aos danos provocados pela oxidação, apresentando um impacto significativo para a saúde humana, os antioxidantes naturais despertam o interesse das indústrias de alimentos, que estudam a sua administração nos produtos alimentícios, principalmente naqueles ricos em gordura, visto que a segurança dos antioxidantes sintéticos vem sendo questionada (TERMENTZI *et al.*, 2006).

Atualmente, existem diversas propostas para a avaliação e exploração de produtos e subprodutos agrícolas. Recentemente, muitos trabalhos publicados abordam a extração de compostos fitoquímicos tanto em frutas, como em resíduos industriais. As frutas são conhecidas como uma excelente fonte de compostos com atividade antioxidante, com inúmeros estudos para quantificação destes, incluindo a avaliação de seus benefícios à saúde do consumidor. No entanto, os compostos com potencial antioxidante não foram completamente estudados em frutas e vegetais devido à complexidade química e grande variedade desses compostos naturais (DIMITRIOS, 2006).

3.1.1. Ácido ascórbico

O ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$), pertence ao grupo orgânico das lactonas, que são ácidos carboxílicos que se transformam em ésteres cíclicos, pela perda espontânea de água. É uma molécula polar com quatro hidroxilas, sendo que duas delas na posição $C=C$ podem interagir entre si por ligações de hidrogênio, resultando num aumento de acidez da substância, que apresenta uma boa solubilidade em água. Em alguns casos, o ácido ascórbico sintético pode ser idêntico ao ácido ascórbico presente em alimentos. Geralmente ele é produzido a partir de um açúcar natural, uma dextrose (glicose, açúcar de mel, açúcar de milho). Este açúcar ($C_6H_{12}O_6$) é convertido em L-ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) por reação de oxidação onde quatro átomos de hidrogênio são removidos para formar duas moléculas de água (COULTATE, 2004).

A molécula do ácido L-ascórbico (I) é um potente agente redutor que se oxida facilmente e de modo reversível a ácido dehidroascórbico (II) que possui ainda atividade vitamínica. No entanto, a atividade biológica da vitamina C se perde quando o ácido dehidroascórbico se transforma pela compressão irreversível do anel lactônico em ácido 2,3-dicetogulônico (III) (Figura 1). Segundo Fennema (1992), o ácido L-ascórbico é uma substância muito solúvel que possui propriedades ácidas e fortemente redutoras. Tais propriedades se devem a sua estrutura enadiol que está conjugada ao grupo carbonila de uma lactona, e que o isômero D- tem em torno de 10% da atividade do L-.

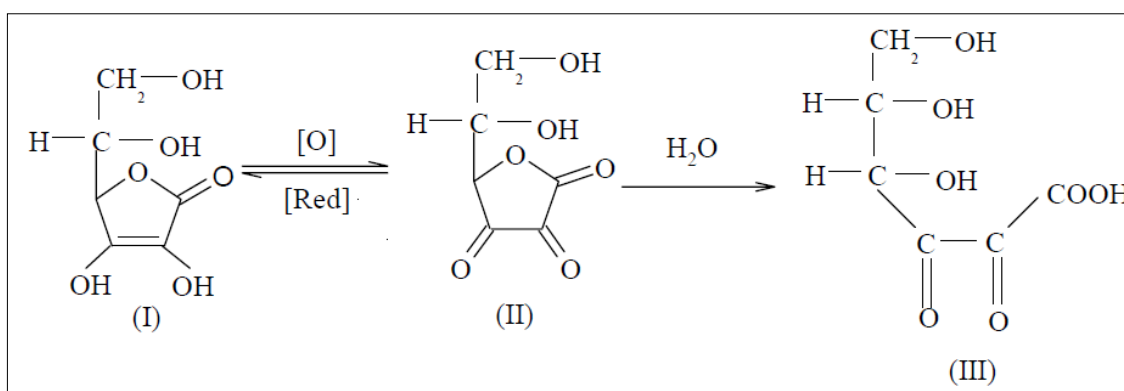


Figura 1. Mecanismo de conversão do ácido L-ascórbico (I) em ácido dehidroascórbico (II) e ácido 2,3-dicetogulônico (III).

Fonte: COULTATE, 2004.

A vitamina C apresenta importantes funções específicas no organismo humano, estando envolvida em processos de: hidroxilação, biossíntese de corticóides e catecolamina, e formação de ossos e sais. Ao mesmo tempo, é um antioxidante importante para o organismo (ASSUNÇÃO & MERCADANTE, 2003). Segundo Iversen (1999), a presença dessa vitamina também é essencial no metabolismo da tirosina, na conversão do ácido fólico a ácido folínico, no metabolismo dos carboidratos, na síntese de lipídios e proteínas, no metabolismo do ferro, na resistência a infecções e na respiração celular, além de proteger contra danos oxidativos ao DNA.

O ácido ascórbico é um antioxidante secundário solúvel em água que apresenta múltiplas funções: sequestra oxigênio, muda o potencial redox de sistemas alimentares, age sinergicamente como quelante e regenera antioxidantes primários como os tocoferóis. O radical tocoferil é reduzido à forma de tocoferol pelo ácido ascórbico (PAPAS, 1999). No processamento de frutas e vegetais, o ácido ascórbico é o nutriente mais afetado, por isso sua retenção é usada frequentemente como indicativo da qualidade nutricional e até mesmo de conservação dos alimentos. Algumas vezes, até mesmo interações com outras substâncias presentes no alimento contribuem para a diminuição dos seus níveis. A destruição deste nutriente, por exemplo, pode ser catalisada pela lumiflavina, obtida pela degradação da riboflavina (vitamina B2), que pode ser induzida pela presença de aminas (pois reações de escurecimento ocorrem com o ácido ascórbico de forma semelhante às que ocorrem com a glicose) ou ainda pela presença de enzimas como a ácido ascórbico oxidase (PÉREZ *et al.*, 1997).

O tratamento térmico é um dos principais fatores responsáveis pela degradação do ácido ascórbico nos alimentos. Na oxidação aeróbica, o ácido ascórbico é transformado em ácido desidroascórbico que passa a 2,3-dicetogulônico, produzindo hidroxifurfural; em condições anaeróbicas, o ácido ascórbico se decompõe em ácido 2,5-desidro-2-furanóico, dióxido de carbono e furfural (SHAW *et al.*, 1993). Perdas no teor de vitamina C, alterações sensoriais e reações de escurecimento devido à degradação do ácido ascórbico têm sido frequentemente detectadas em frutos durante o processamento e o armazenamento (BADOLATO *et al.*, 1996).

3.1.2. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos encontram-se largamente distribuídos em vegetais, constituindo um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados dos aminoácidos fenilalanina e tirosina. São essenciais ao crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuírem na pigmentação. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa. Eles são originados do metabolismo secundário das plantas, podendo se formar em condições de estresse como, infecções, ferimentos e radiações ultravioletas (NACZK & SHAHIDI, 2004; PELEG *et al.*, 1998). A diversidade estrutural desses compostos deve-se à grande variedade de combinações existentes na natureza, e estas, podem ser categorizadas em várias classes e os compostos resultantes são chamados de polifenóis (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de compostos fenólicos naturais.

Classes de Polifenóis	Estrutura Química
Fenólicos simples, benzoquinonas	C ₆
Ácidos hidroxibenzóicos	C ₆ -C ₁
Acetofenol, ácidos fenilacéticos	C ₆ -C ₁
Ácidos hidroxicinâmicos, fenilpropanóides	C ₆ -C ₃
Nafitoquinonas	C ₆ -C ₄
Xantonas	C ₆ -C ₁ -C ₆
Estilbenos, antoquinonas	C ₆ -C ₂ -C ₆
Flavonóides, isoflavonóides	C ₆ -C ₃ -C ₆
Ligninas, neoligninas	C ₆ -C ₃) ₂
Biflavonóides	(C ₆ -C ₃ -C ₆) ₂
Ligninas	(C ₆ -C ₃) _n
Taninos condensados	(C ₆ -C ₃ -C ₆) _n

Fonte: KING & YOUNG, 1999.

Quimicamente, os compostos fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais (LEE *et al.*, 2005). Este grupo engloba desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. São encontrados em vegetais na forma livre ou ligados a açúcares ou a proteínas (BRAVO, 1998).

Quanto à função antioxidante, os compostos fenólicos são incluídos na classe dos antioxidantes secundários, pois atuam como interruptores de radicais livres, retardando a etapa de iniciação da autoxidação, por diferentes mecanismos que incluem complexação de metais, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não radical, absorção da radiação ultravioleta ou desativação de oxigênio singlete (ADEGOKE *et al.*, 1998; SHAHIDI *et al.*, 1992).

Os antioxidantes fenólicos interagem, preferencialmente, com o radical peroxil por ser este mais prevalente na etapa da autoxidação e por possuir menor energia do que outros radicais, fato que favorece a abstração do seu hidrogênio. O radical fenoxil resultante, embora relativamente estável, pode interferir na reação de propagação ao reagir com um radical peroxil, via interação entre radicais. O composto formado, por ação da luz ultravioleta e temperaturas elevadas, poderá originar novos radicais, comprometendo a eficiência do antioxidante, que é determinada, pelos grupos funcionais presentes e pela posição que ocupam no anel aromático, bem como, pelo tamanho da cadeia desses grupos (DECKER, 1998).

Além de funcionarem como sequestradores de radicais, os antioxidantes fenólicos, algumas vezes, atuam como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários, formados pela ação destes, são relativamente estáveis devido à ressonância do anel aromático destas substâncias. Os compostos fenólicos e alguns de seus derivados são eficazes para prevenir a oxidação lipídica. Mas, poucos compostos fenólicos artificiais são permitidos para o uso em alimentos devido, principalmente, à sua toxicidade (SHAHIDI *et al.*, 1992; NAWAR, 1985). O que ressalta a importância de estudos envolvendo a identificação e a quantificação de compostos fenólicos naturais em vegetais.

Dentre os fenólicos, destacam-se os ácidos fenólicos, os flavonóides, os taninos e os tocoferóis como antioxidantes naturais mais comuns (KING & YOUNG, 1999).

3.1.2.1. Ácidos Fenólicos

Os ácidos fenólicos são parte das substâncias que constituem o grupo dos compostos fenólicos. Caracterizam-se por terem um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, conferindo propriedades antioxidantes as frutas e aos vegetais que os contêm (SOARES, 2002). Estes compostos são subdivididos em três grupos de acordo com as estruturas carbônicas: os ácidos hidroxibenzóicos, os ácidos hidroxicinâmicos e as cumarinas (Figura 2). Os derivados do ácido hidroxibenzóico incluem os ácidos que têm estrutura comum composta por sete átomos de carbono (C_6-C_1); enquanto os derivados do ácido hidroxicinâmico são compostos aromáticos com nove átomos deste elemento formando uma cadeia lateral (C_6-C_3). Embora o esqueleto básico seja o mesmo, os números e as posições das hidroxilas no anel aromático favorecem a variedade desses compostos. As cumarinas compõem o terceiro grupo e são derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido *o*-cumárico (SOARES, 2002).

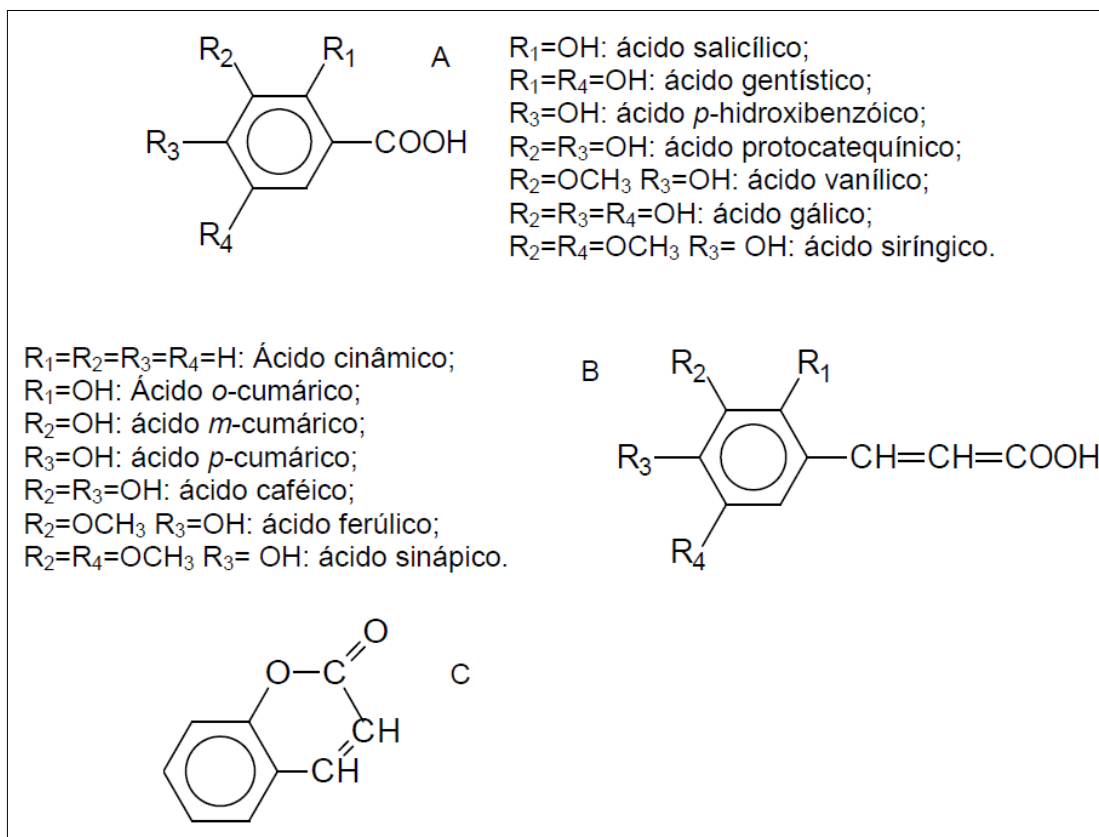


Figura 2. Estrutura química dos ácidos hidroxibenzóicos (A), ácidos hidroxicinâmicos (B) e da cumarina (C).

Fonte: SOARES, 2002.

Os ácidos hidroxicinâmicos são antioxidantes mais ativos que os derivados do ácido hidroxibenzóico (BALASUNDRAM *et al.*, 2006). Isso se deve à dupla ligação presente na molécula dos derivados do ácido cinâmico, que participa da estabilidade do radical por ressonância de deslocamento do elétron desemparelhado, enquanto os ácidos hidroxibenzóicos não apresentam essa característica (WANASUNDARA *et al.*, 1994).

A concentração dos ácidos hidroxibenzóicos em plantas utilizadas para o consumo é muito baixa, exceto para algumas frutas vermelhas, rabanetes e cebolas. O chá verde é considerado uma importante fonte de ácido gálico. Devido à baixa concentração desses compostos em plantas utilizadas na alimentação humana, não são muito estudados, pois não despertam interesse nutricional como os ácidos hidroxicinâmicos. Esses raramente são encontrados na forma livre, exceto em alimentos processados que são submetidos ao congelamento, esterilização ou fermentação. O ácido clorogênico pode ser encontrado em vários tipos de frutas e, em alta concentração, no café (MANACH *et al.*, 2004).

O ácido caféico, tanto na forma livre quanto na forma esterificada, é o ácido fenólico mais abundante nos vegetais, representando entre 75 e 100% do teor de ácidos hidroxicinâmicos na maioria das frutas. A concentração desses ácidos geralmente diminui com o avanço da maturação. O ácido ferúlico é o ácido fenólico mais abundante em grãos e cereais (MANACH *et al.*, 2004). Outros ácidos fenólicos presentes em outros alimentos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Grupos e fontes alimentícias de ácidos fenólicos.

Grupos	Ácidos fenólicos	Fontes alimentícias
Ácidos hidroxibenzóicos	Ácido gálico Ácido protocatequínico Ácido <i>p</i> -hidroxibenzóico	Morango, framboesa e amora.
Ácidos hidroxicinâmicos	Ácido caféico Ácido clorogênico Ácido cumárico Ácido ferúlico Ácido sináptico	Kiwi, cereja, ameixa, berinjela, maçã, pêra, chicória, alcachofra, batata, farinha de milho, trigo, arroz, aveia, cidra, café, aspargo, uva, espinafre, couve, óleo de oliva e vinho branco.

Adaptado de MANACH *et al.* (2004); RICE-EVANS *et al.* (1996).

Os ácidos fenólicos apresentam diferenças quanto a ocorrência, estabilidade e atividade antioxidante. Marinova & Yanishlieva (1992) desenvolveram pesquisas na tentativa de elucidar as diferenças de potencial antioxidante existentes entre os ácidos fenólicos. Foi realizada uma comparação quantitativa do comportamento cinético da inibição da oxidação de alguns ácidos hidroxibenzóicos (ácidos *p*-hidroxibenzóico, vanílico, sirínico, e protocatecúico) e hidroxicinâmicos (ácidos ferúlico, *p*-cumárico, sinápico e caféico). Os autores concluíram que, no caso dos ácidos hidroxibenzóicos, a hidroxila presente na molécula do ácido *p*-hidroxibenzóico não confere a este nenhuma propriedade antioxidante. A metoxila presente com a hidroxila no ácido vanílico confere a ele uma pequena atividade antioxidante. No caso do ácido sirínico, o qual possui dois grupamentos de metoxila, a ação é ainda maior. Com referência aos ácidos hidroxicinâmicos, a presença de uma metoxila adjacente à hidroxila, como ocorre no ácido ferúlico, aumenta o período de indução da oxidação duas vezes em relação ao controle. Este decurso de tempo é ainda maior com a presença de duas metoxilas, como ocorre no ácido sinápico. Entretanto, o maior potencial antioxidante foi encontrado quando há duas hidroxilas nas posições 3 e 4, estrutura apresentada pelos ácidos caféico e protocatecúico. A atividade antioxidante dos compostos estudados apresenta a seguinte ordem: ácido caféico > protocatecúico > sinápico > sirínico > ferúlico > *p*-cumárico > vanílico.

A eficiência dos ácidos fenólicos como antioxidantes foi estudada por Dziedzic & Hudson (1984), em sistema lipídico, através do Rancimat[®], sendo constatado que os ácidos protocatecúico, caféico, ferúlico, gálico e sinápico possuem uma boa atividade. Pesquisas recentes afirmam que os ácidos hidroxicinâmicos são antioxidantes mais ativos que os hidroxibenzóicos, tais como o protocatecúico, sirínico e vanílico. Isso se deve à dupla ligação presente na molécula dos derivados do ácido cinâmico, que participa da estabilidade do radical por ressonância de deslocamento do elétron desemparelhado (BALASUNDRAM *et al.*, 2006; WANASUNDARA *et al.*, 1994).

3.1.2.2. Flavonóides

A estrutura química dos flavonóides consiste em dois anéis aromáticos, denominados anel A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, denominado anel C. O anel aromático A é derivado do ciclo acetato/malonato, enquanto o anel B é derivado da fenilalanina. Variações em substituição do anel C resultam em importantes classes de flavonóides, como: flavanas, flavanonas, flavonas, isoflavonas, flavanóis e antocianinas (Figura 3). Substituições dos anéis A e B originam diferentes compostos dentro de cada classe, estas substituições podem incluir: acilação, oxigenação, alquilação, glicosilação e sulfação (HOLLMAN & KATAN, 1999).

Dentre as classes de flavonóides, destacam-se as antocianinas. Estas são derivadas do benzopirano. As funções desempenhadas pelas antocianinas nas plantas são variadas: antioxidantes, proteção à ação da luz, mecanismo de defesa e função ecológica. As cores vivas e intensas que elas produzem têm um papel importante em vários mecanismos reprodutores das plantas, tais como: polinização e dispersão de sementes. Devido à comprovada ação inibitória da cianidina-3-glicosídeo no crescimento larval da *Heliothis virescens*, uma praga que ataca o tabaco, as antocianinas também podem ser consideradas como agentes de controle biológico (LOPES *et al.*, 2000).

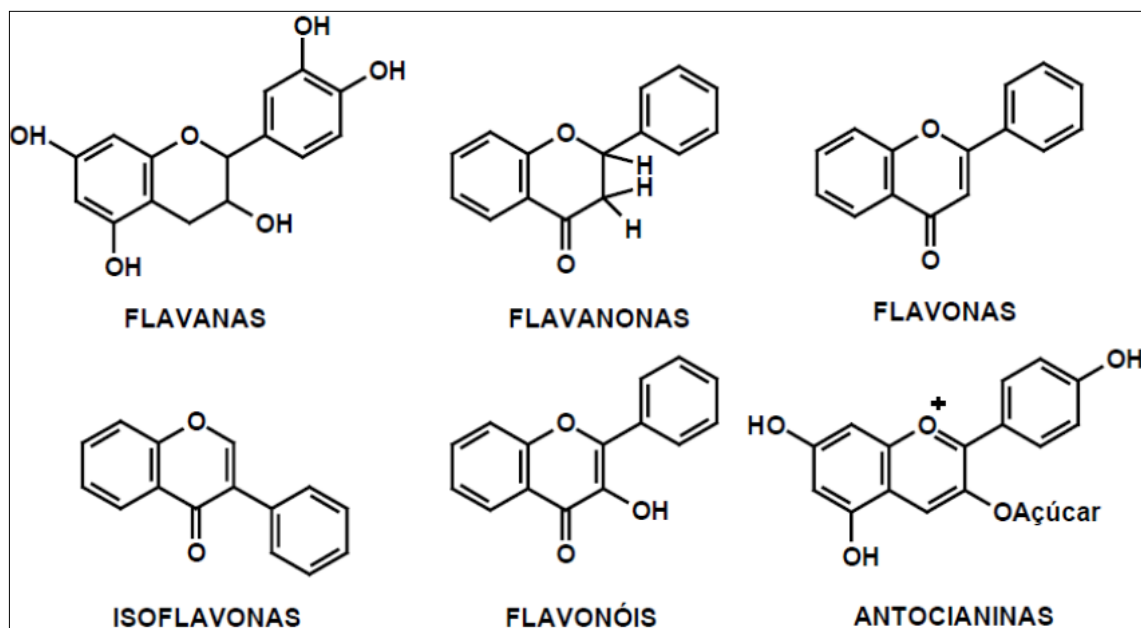


Figura 3. Subclasses de flavonóides.

Fonte: HOLLMAN & KATAN, 1999.

As antocianinas ocorrem na natureza como glicosídeos de antocianidinas e podem ser aciladas com ácidos orgânicos ou alifáticos como: cumárico, caféico, ferúlico, *p*-hidroxibenzóico, acético, malônico, succínico, oxálico e málico (TÜRKER & ERDOĞDU, 2006). Possuem o grupo hidroxila nas posições 3, 5 e 7. Somente nesta substância, uma ou mais destas hidroxilas estão ligadas a açúcares (glicose, ramnose, xilose, galactose, arabinose e frutose) que ocorrem como mono, di e/ou triglicosídeos. As antocianinas podem apresentar-se na forma isolada (antocianinas monoméricas) ou como polímeros (antocianinas poliméricas) (FRANCIS, 1989).

O açúcar presente nas antocianinas confere maior solubilidade e estabilidade à molécula, quando comparadas às antocianidinas (LILA, 2004). As antocianinas são solúveis em água e podem ser facilmente extraídas com solventes polares. Solventes alcoólicos, como metanol e etanol, são os mais utilizados. Muitos pesquisadores têm empregado solventes extratores alcoólicos acidificados para favorecer a extração, pois auxilia a penetração do solvente nos tecidos vegetais, além de aumentar a estabilidade dos extratos por dificultar o aparecimento de fungos (GRIS *et al.*, 2007; MACZ-POP *et al.*, 2006). O uso de solventes ácidos para a extração deve ser cauteloso, pois excesso de ácido pode levar à formação de antocianidinas e outros flavonóides por hidrólise. Em estudos quantitativos, a hidrólise da molécula pode vir a gerar resultados superestimados da quantidade total presente na espécie estudada, principalmente se o método de análise empregado for espectrofotométrico por quantificar somente antocianinas totais (REVILLA *et al.*, 1998).

Em função do grande potencial industrial, dos efeitos para a saúde e de seu possível uso como substituto aos corantes artificiais, a estabilidade química das antocianinas tem sido o principal foco dos trabalhos realizados atualmente. Essa estabilidade é totalmente influenciada pelas propriedades intrínsecas do produto e do processo como: pH, temperatura, presença de luz, oxigênio, enzimas, proteínas e íons metálicos; estrutura química e concentração das antocianinas (KIRCA *et al.*, 2006).

Observa-se um crescente interesse no uso de antocianinas em diversos segmentos, dentre os quais se destacam as indústrias de alimentos, de produtos farmacêuticos e de cosméticos, onde podem ser aplicadas, por exemplo, como corantes, principalmente corantes vermelhos, que são os pigmentos naturais mais difíceis de encontrar na natureza em forma estável (FRANCIS, 1989).

3.2. Determinação da Atividade Antioxidante Total

A atividade antioxidante não pode ser diretamente medida, mas estimada, por meio dos efeitos que os antioxidantes proporcionam no controle da extensão da oxidação. Os métodos utilizados para a medida dessa atividade são bastante diversificados. Alguns procedimentos baseiam-se numa determinada etapa da oxidação seguida pela medida do resultado; em outros casos, não há uma distinção clara entre as várias etapas no procedimento (BECKER *et al.*, 2004). Segundo Huang *et al.* (2005), um teste de atividade antioxidante com base em reações químicas não é condizente com situações reais, ainda que existam muitas publicações com ensaios *in vitro* aplicados.

A capacidade antioxidante de compostos bioativos em alimentos vegetais depende de sua estrutura e da sua concentração no alimento. Por sua vez, a quantidade destas substâncias em vegetais é amplamente influenciada por fatores genéticos e condições ambientais, além do grau de maturação e variedade da planta, entre outros aspectos. Sabe-se, ainda, que a capacidade antioxidante é influenciada pelo substrato utilizado no ensaio, pelo solvente e pela técnica de extração utilizada, bem como pelo binômio tempo-temperatura (NACZK & SHAHIDI, 2004; MOURE *et al.*, 2001).

Há um grande interesse para o público em geral, especialistas da área médica e nutricional e pesquisadores da área da saúde, ciência, tecnologia e engenharia dos alimentos, conhecerem os constituintes e a ação antioxidante dos alimentos. Devido à complexidade da composição desses alimentos, a separação e o estudo individual de cada substância antioxidante, apesar de custosos, são necessários para aprofundar os dados destes em diversas frutas.

Muitos métodos têm sido desenvolvidos e aplicados para determinar o potencial antioxidante de produtos alimentícios: a atividade antioxidante equivalente ao Trolox – TEAC usando o reagente ABTS [2,2-azino-bis-(3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfônico)] como um antioxidante (VASCO *et al.*, 2008; CHEN & YEN, 2007; NETZEL *et al.*, 2007; CHUN *et al.*, 2005; LEONG & SHUI, 2002); o poder antioxidante de redução do ferro - FRAP (VASCO *et al.*, 2008; HUKKANEN *et al.*, 2006; JIANG *et al.*, 2006; JIMENEZ-ESCRIG *et al.*, 2001); o potencial de redução do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) (VASCO *et al.*, 2008; HUKKANEN *et al.*, 2006; LIYANA-PATHIRANA *et al.*, 2006; TERMENTZI *et al.*, 2006); a capacidade de absorção do radical oxigênio - ORAC (MEZADRI *et al.*, 2008; WANG

et al., 1996); o potencial de absorção total de radicais – TRAP (GHISELLI *et al.*, 2000); a autooxidação do sistema β -caroteno/ácido linoléico (HASSIMOTTO *et al.*, 2007; DUARTE-ALMEIDA *et al.*, 2006; JAYAPRAKASHA *et al.*, 2001), o Rancimat (BROINIZI *et al.*, 2007; PESCHEL *et al.*, 2006; MURCIA *et al.*, 2001) e os métodos de fotoquimioluminescência (PCL) são os mais utilizados. Dentre estas metodologias, o método ORAC é considerado o mais pertinente, pois a fonte de radical utilizada é biologicamente relevante (PRIOR *et al.*, 2005).

Estes ensaios diferem em relação ao mecanismo de reação, às espécies-alvo, às condições reacionais e na forma com os resultados são expressos. Não obstante a diversidade de métodos para avaliar a capacidade antioxidante, não existe um procedimento metodológico universal. Este fato impõe a necessidade de avaliar a capacidade antioxidante por vários ensaios, com fundamentos e mecanismos de ação distintos. A comparação da capacidade antioxidante entre os diferentes métodos não é feita em valores absolutos, pois cada método tem sua própria escala de valores. Uma padronização é urgentemente requerida e deve seguir alguns critérios, como: utilizar moléculas biologicamente relevantes; ser tecnicamente simples; ter ponto final e mecanismo químico bem definido; usar instrumentação facilmente disponível; ter boa repetibilidade e reprodutibilidade; e ser adaptável para ensaios de compostos hidrofílicos e lipofílicos (HUANG *et al.*, 2005).

Os antioxidantes podem reduzir radicais por dois mecanismos principais: transferência de elétron (ABTS, FRAP e DPPH) e transferência do átomo de hidrogênio (ORAC e TRAP). O mecanismo do método PCL ainda não está bem definido (PRIOR *et al.*, 2005; SCHLESIER *et al.*, 2002). Embora exista uma grande diversidade de métodos para determinação do potencial antioxidante, estes não são validados ou padronizados (GIADA & MANCINI FILHO, 2004). Além disso, essas técnicas têm apresentado resultados divergentes entre espécies e entre laboratórios diferentes. Ou *et al.* (2002) não relataram nenhuma correlação entre a atividade antioxidante medida pelos métodos FRAP e o ORAC, quando aplicadas em mais de 927 amostras de vegetais liofilizados; enquanto Connor *et al.* (2002) revelaram alta correlação entre esses métodos quando utilizados para análise de mirtilo. Similarmente, Awika *et al.* (2003) observaram alta correlação entre as técnicas do ABTS, DPPH e ORAC em amostras de sorgo e seus derivados.

De acordo com Frankel & Mayer (2000), para uma escolha prudente do método de avaliação da atividade antioxidante a ser aplicado é importante tomar como base a resposta á algumas questões referentes às propriedades dos antioxidantes, tais como: localização no sistema de ação, os produtos que serão inibidos, a interação com outros componentes e os seus efeitos. A determinação da capacidade antioxidante em frutas e outros produtos naturais requerem uma seleção rigorosa na escolha do método de avaliação, o que vai depender dos tipos de compostos antioxidantes a serem testados.

Segundo Leong & Shui (2002), os modelos ABTS e DPPH são recomendados para a avaliação da capacidade antioxidante total de frutas. Ressaltando que, entre os métodos químicos aplicados para determinar a capacidade de captura de radicais livres, o DPPH é um dos mais utilizados por ser prático, rápido e estável (ESPIN *et al.*, 2000).

Ozgen *et al.* (2006), estudando a aplicabilidade dos métodos para se determinar a capacidade antioxidante total em frutas, concluíram que o ABTS é um método estável e adequado quando associado aos métodos FRAP ou DPPH. O DPPH apresenta vantagens quando os antioxidantes analisados são mais solúveis em solventes orgânicos. Mas, os três testes representam uma boa escolha para medida dessa atividade em frutas.

Grandes esforços estão sendo despendidos em testes de compostos naturais antioxidantes com a ênfase em se melhorar os métodos existentes. Vários testes e modelos de sistemas não correspondem à realidade, ou seja, o verdadeiro efeito protetor dos antioxidantes e os dados obtidos podem ser confundidos por muitos fatores, incluindo a composição do sistema do teste, o substrato alvo da proteção e o modo da indução da oxidação. Métodos mais específicos precisam ser desenvolvidos para obtenção de informações químicas que estejam diretamente relacionadas com a deterioração de alimentos e de sistema biológicos (FRANKEL & MEYER, 2000).

A medida da atividade antioxidante, especialmente de antioxidantes que compõem misturas ou agem de uma forma mais complexa, não pode ser avaliada satisfatoriamente por um simples teste sem a consideração da diversidade de variáveis que podem vir a influenciar nos resultados (ANTOLOVICH *et al.*, 2002). A comparação de dados obtidos em ensaios que envolvam a avaliação de diferentes aspectos químicos dos antioxidantes naturais com compostos sintéticos consagrados como antioxidante pode vir a gerar um perfil do composto, permitindo a avaliação do potencial industrial dos diversos compostos existentes (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

3.2.1. Método de redução do radical ABTS^{•+}

O método ABTS^{•+} (2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) é uma das técnicas mais utilizadas para determinação da atividade antioxidante, principalmente quando se trata de frutas, apresentando excelente estabilidade, a depender das condições de análise. O radical ABTS^{•+} deve ser gerado por reações enzimáticas ou químicas, podendo ser solubilizado em meios orgânicos e aquosos nos quais a atividade antioxidante pode ser determinada, dependendo da natureza dos compostos antioxidantes (ARNAO, 2001). Dentre os métodos, o ABTS^{•+} é um dos testes mais rápidos e que oferece resultados reprodutíveis, além de outras vantagens como: oferecer vários máximos de absorção e uma boa solubilidade, permitindo análises de compostos de natureza lipofílica e hidrofílica na forma de compostos puros ou em extratos vegetais (KUSKOSKI *et al.*, 2005).

Originalmente, este método foi proposto por Miller *et al.* (1993), o procedimento baseava-se na ativação da metamioglobina com o peróxido de hidrogênio na presença do ABTS para gerar o radical (ABTS^{•+}), com ou sem antioxidantes no meio. Mas, devido algumas críticas, o método foi aperfeiçoado e a geração do radical é feita sem a presença de antioxidantes. Segundo Re *et al.* (1999), o método baseia-se na geração do radical ABTS^{•+}, de cor azul esverdeado, por meio da reação do ABTS com perssulfato de potássio que possui absorção máxima em 645, 734 e 815 nm. Com a adição de um antioxidante ocorre a redução do radical ABTS^{•+} a ABTS promovendo a perda da coloração do meio reacional (Figura 4). Com a extensão da perda de cor, o percentual de inibição do ABTS^{•+} é determinado em função do Trolox, um antioxidante padrão submetido às mesmas condições de análise do antioxidante natural.

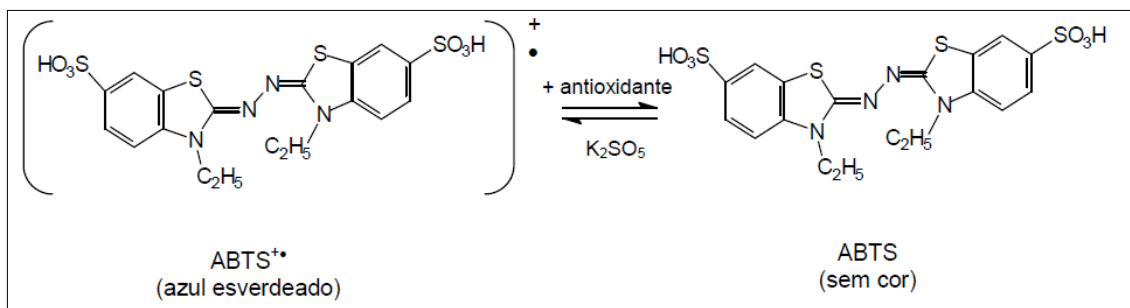


Figura 4. Redução do ABTS^{•+} por um antioxidante e sua formação pelo perssulfato de potássio.

Fonte: MOON & SHIBAMOTO, 2009.

3.2.2. Método de Redução do Ferro (Fe^{3+})

O método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) é baseado em reações de transferência de elétrons, ou seja, na capacidade de redução do Fe^{3+} a Fe^{2+} por compostos antioxidantes. Quando isto ocorre, na presença de 2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina (TPTZ), a redução é acompanhada pela formação de um complexo corado com o Fe^{2+} . Neste ensaio, um sal férrico, $\text{Fe(III)(TPTZ)}_2\text{Cl}_3$, é usado como oxidante (Figura 5). Este oxidante, conhecido como “reagente FRAP” é preparado a partir da mistura da solução ácida de TPTZ com a solução tampão de acetato de sódio e a solução de cloreto de ferro III (BENZIE & STRAIN, 1996).

Pulido *et al.* (2000) descreveram o método FRAP como uma alternativa desenvolvida para determinar a redução do ferro em fluídos biológicos e soluções aquosas de compostos puros. O método pode ser aplicado tanto para estudos da atividade antioxidante em extratos de alimentos e bebidas, como para o estudo da eficiência antioxidante de substâncias puras, com resultados comparáveis àqueles obtidos com outras metodologias mais complexas. Por tratar-se de um método relativamente simples, ele é muito utilizado para determinação da atividade antioxidante (VASCO *et al.*, 2008; HUKKANEN *et al.*, 2006; JIANG *et al.*, 2006).

O potencial redox do sal férrico ($\sim 0,70\text{V}$) é comparável ao do $\text{ABTS}^{+\bullet}$ ($0,68\text{V}$). Por isso, Huang *et al.* (2005) afirmam que essencialmente, não há muita diferença entre os dois métodos, exceto nas condições reacionais, onde o ABTS é realizado sob condições de pH neutro e o FRAP em meio ácido ($\text{pH} = 3,6$).

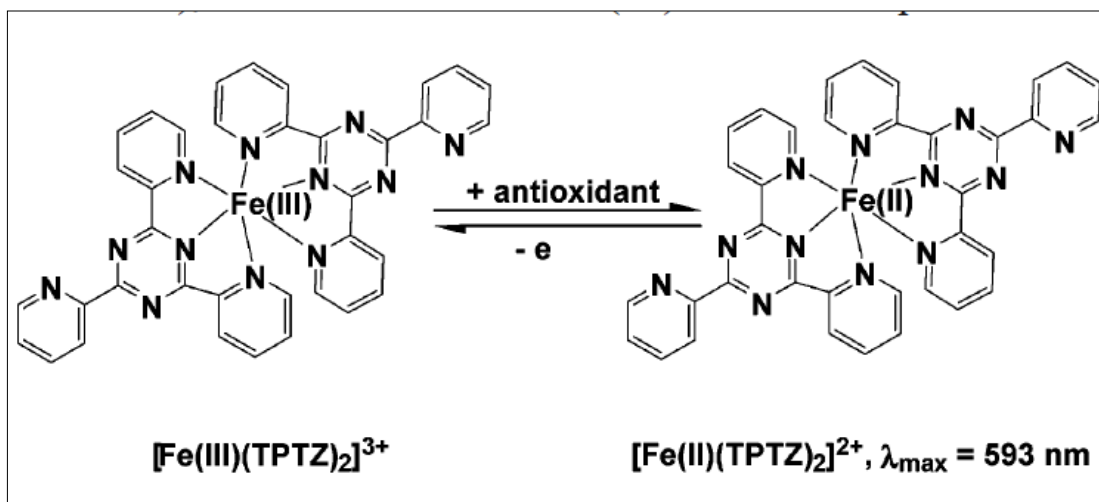


Figura 5. Redução do complexo TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina) com Fe^{3+} .

Fonte: HUANG *et al.*, 2005.

3.3. Extração e quantificação de compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos são importantes constituintes de muitas frutas sendo que a quantificação destas substâncias revela informações a respeito da atividade antioxidante, qualidade do alimento e dos potenciais benefícios a saúde (TALCOTT *et al.*, 2003). No entanto, alguns problemas são verificados na quantificação de compostos fenólicos em frutas, uma vez que a análise é influenciada pela natureza do composto, o método de extração empregado, o tamanho da amostra, o tempo e as condições de estocagem, o padrão utilizado e a presença de interferentes tais como ceras, gorduras, terpenos e clorofilas. Em função disso, ainda não foi desenvolvido um método satisfatório para a extração de todos ou de uma classe específica de fenólicos presentes nos alimentos. Um aspecto importante no desenvolvimento de métodos de quantificação desses compostos é a dificuldade de se encontrar um padrão específico e conveniente, devido à complexidade das substâncias fenólicas presentes nos alimentos e as diferenças de reatividade entre estas substâncias e os reagentes (NACZK & SHAHIDI, 2004).

A solubilidade dos compostos fenólicos varia de acordo com a polaridade do solvente utilizado, bem como, com o grau de polimerização dos fenólicos e suas interações com outros constituintes dos alimentos. Vários métodos e solventes são utilizados em estudos de composição fenólica e atividade antioxidante de frutas e plantas em geral. Muitos fatores influenciam a eficiência de extração como: tipo de solvente, pH, temperatura, número de etapas da extração, volume do solvente e tamanho das partículas da amostra (NACZK & SHAHIDI, 2004).

A etapa de extração é uma etapa muito importante no estudo de compostos fenólicos, pois os resultados das análises que são realizadas posteriormente a extração, seja de quantificação ou medida de atividade, são obtidos em função do conteúdo de substâncias presentes nos extratos, seja de qual natureza forem estas substâncias. Devido a importância dessa etapa, alguns estudos têm sido voltados somente para a investigação da eficiência de solventes de extração, como por exemplo, os realizados por Rockenbach *et al.* (2008) e Pellegrini *et al.* (2007).

A separação, identificação, quantificação e aplicação dos compostos fenólicos em alimentos apresentam diversos problemas metodológicos, pois, além de englobarem muitas substâncias, são, na maioria das vezes, de alta polaridade, muito reativos e susceptíveis à ação de enzimas (KING & YOUNG, 1999).

A maior parte dos compostos fenólicos em plantas está localizada nos vacúolos e é extraída utilizando-se solventes alcoólicos ou orgânicos. Os mais comumente utilizados são o metanol ou metanol/água (QUEIROZ *et al.*, 2009; RUMBAOA *et al.*, 2009; STANGELAND *et al.*, 2009; MANIAN *et al.*, 2008; MEZADRI *et al.*, 2008; VASCO *et al.*, 2008; HUANG *et al.*, 2004), acetato de etila (ARNAO *et al.*, 2001), etanol ou etanol/água (BAE & SUH, 2007; LIM *et al.*, 2007; JIANG *et al.*, 2006; LIMA *et al.*, 2005; MENDEZ *et al.*, 2003; LEONG & SHUI, 2002), acetona ou acetona/água (MANIAN *et al.*, 2008; VASCO *et al.*, 2008; JIMENEZ-ESCRIG *et al.*, 2001) e acetona/água/ácido acético (KEVERS *et al.*, 2007).

Os métodos utilizados para análise podem ser classificados em determinação de compostos fenólicos totais, quantificação individual e/ou de um grupo ou classe (MOURE *et al.*, 2001). Dentre as técnicas, destacam-se os métodos espectrofotométricos, os eletroquímicos e os cromatográficos (cromatografia líquida e gasosa). A escolha do método a ser aplicado deve ser baseada nos objetivos requeridos, pois cada técnica apresenta um princípio de análise e especificidade diferenciada.

A quantificação de compostos fenólicos totais pode ser realizada por meio de uma variedade de métodos; todavia, o que utiliza o reagente de *Folin-Ciocalteu* é o mais utilizado (DASTMALCHI *et al.*, 2007). Este reagente consiste em uma mistura dos ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico, na qual o molibdênio se encontra no estado de oxidação, apresentando coloração amarela no complexo - $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; porém, em presença de certos agentes redutores, como os compostos fenólicos, formam-se os chamados complexos molibdênio-tungstênio de coloração azul $[(\text{PMoW}_{11}\text{O}_4)^4]$, cuja coloração permite a determinação da concentração das substâncias redutoras que, não necessariamente, precisam ter natureza fenólica (HUANG *et al.*, 2005).

Um aspecto importante a ser considerado neste método é a escolha do padrão de referência. Os mais utilizados tem sido o ácido tânico, o ácido gálico e a catequina; entretanto, a reatividade do padrão fenólico frente ao reagente de *Folin-Ciocalteu* deve ser testada, pois o método consiste na reação desprotonação do composto fenólico em meio básico, gerando os ânions fenolatos; seguida pela reação de oxirredução entre o ânion fenolato e o molibdênio do reagente de *Folin-Ciocalteu*, que sofre redução e o meio reacional muda a coloração de amarela para azul (SINGLETON, *et al.*, 1999).

3.3.1. Identificação e quantificação cromatográfica de ácidos fenólicos

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) é um tipo de cromatografia que emprega uma fase móvel líquida e uma fase estacionária finamente dividida e que, para garantir o fluxo de coluna desejado, opera a pressões elevadas. Originalmente chamava-se cromatografia líquida de alta pressão e esta terminologia foi abandonada quando se constatou que o diferencial de comportamento desta para as demais cromatografias líquidas não era a maior pressão, mas sim o melhor desempenho cromatográfico. Dentre as principais características e vantagens da CLAE estão: coluna recheada com micropartículas (3-10 μm), permitindo uma separação eficiente de pequenos volumes de amostra; alta resolução, análise não destrutiva, alta velocidade de separação, monitoramento contínuo do efluente da coluna, medição quantitativa exata, análises repetitivas e reprodutivas com a mesma coluna, procedimento analítico e tratamento dos dados automatizado (CIOLA, 1998).

Os componentes essenciais de um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência são: a bomba de alta pressão, o sistema de injeção da amostra, a coluna cromatográfica e o detector. A bomba de alta pressão é um dispositivo relacionado ao tempo de retenção, a reprodutibilidade e a sensibilidade do detector. Este sistema é composto por bomba e controladores de pressão e vazão. O sistema de injeção da amostra consiste na introdução da amostra no sistema, podendo ser realizada por meio de uma válvula de amostragem ou por meio de uma seringa de injeção. O efluente desses dispositivos preenche uma serpentina de volume conhecido e o acionamento da válvula transfere, integralmente, esse volume para a corrente de fase móvel. As colunas são feitas de aço inoxidável polido, com comprimentos de 10 a 30 cm, com calibre de precisão. Diâmetros internos típicos variam de menor ou igual a 1 mm para colunas capilares; 2, 3, 4, 5 e 6 mm para colunas analíticas recheadas e maior ou igual a 10 mm para colunas preparativas. O detector monitora a fase móvel à medida que elui da coluna. Esse monitoramento é efetuado pela detecção propriamente dita, associada a uma transdução para um sinal elétrico que pode ser registrado ou arquivado eletronicamente (NETO & NUNES, 2003).

As separações em CLAE podem ocorrer por adsorção, partição ou ambos. O suporte mais comumente utilizado é a sílica. O uso de fases estacionárias líquidas adsorvidas a um suporte não tem grande aplicação devido à perda de fase estacionária,

mas o uso de suportes modificados possibilita a produção de uma imensa variedade de colunas com diferentes propriedades e tipos de seletividade. As fases assim obtidas são chamadas de quimicamente ligadas. Essas fases, dependendo da modificação feita ao suporte, podem atuar no modo normal, reverso ou ambos. Na cromatografia em fase normal, a fase estacionária é mais polar que a fase móvel, e em fase reversa, a fase móvel é mais polar. Separações analíticas são predominantemente realizadas em fase reversa, sendo a fase C18 (octadecilsílica) a mais usada, ao passo que as fases normais são preferidas para fins preparativos, em vista de que separações no modo reverso utilizam fases móveis aquosas (DEGANI *et al.*, 1998).

A cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa acoplado ao sistema de detecção por arranjo de diodos (DAD) tem sido bastante empregada para identificação e quantificação de compostos fenólicos, em geral, apresentando como vantagens: a alta sensibilidade do sistema, o curto tempo de análise e o baixo consumo de amostras. Dentre os compostos fenólicos analisados por CLAE destacam-se os ácidos fenólicos, os flavonóides e as antocianinas (ESCARPA & GONZALEZ, 2001).

Os ácidos fenólicos ocorrem de diferentes formas nos vegetais: agliconas (ácidos fenólicos livres), ésteres, glicosídeos ou complexos (NACZK & SHAHIDI, 1989). Estas diferentes formas resultam em variação das condições de extração e diferentes suscetibilidades de degradação. Normalmente, os procedimentos de extração são sequenciais e, sistematicamente, liberam os ácidos fenólicos a partir de suas respectivas formas. A primeira etapa do procedimento tipicamente utiliza um solvente orgânico aquoso para extrair os ácidos fenólicos solúveis (livres, ésteres solúveis e glicosídeos solúveis). Uma infinidade de solventes de extração é encontrada na literatura, entre eles, incluem-se os sistemas: metanol/acetona:água, metanol:água, acetona:água, etanol:água, metanol acidificado (MATTILA & KUMPULAINEN, 2002).

Também são encontrados ácidos fenólicos na forma de complexos insolúveis, os quais são acoplados aos polímeros da parede celular através de ligações éster ou glicosídica, não sendo extraíveis por solventes orgânicos (ESCARPA & GONZALEZ, 2001). Esses ácidos são liberados por hidrólises alcalinas, hidrólises ácidas ou por ambas (MATTILA & KUMPULAINEN, 2002). Tratamentos enzimáticos, utilizando α -amilase ou celulase também são utilizados para liberação dos ácidos fenólicos durante a preparação da amostra para detecção (YU *et al.*, 2001). A principal etapa do

procedimento envolve a hidrólise alcalina como NaOH com concentrações variando de 2 a 10 mol/L, usando tempo de incubação de até 16 horas, em alguns casos, sob atmosfera de nitrogênio (NARDINI *et al.*, 2002). Seguindo a hidrólise alcalina, a hidrólise ácida é realizada em alguns casos a fim de liberar os complexos fenólicos que não tenham sido hidrolisados na primeira.

Mattila & Kumpulainen (2002) mostraram que pela aplicação da hidrólise ácida foi liberada uma quantidade significativa de ácido protocatecúico em cenoura, framboesa e morango, bem como de ácido gálico em extratos de ambas as frutas. Soong & Barlow (2006) também submeteram semente de manga à hidrólise ácida e obtiveram resultados positivos quanto ao incremento nos teores de ácido gálico e elágico liberados. Entretanto, Mattila & Kumpulainen (2002) notaram que para alguns alimentos como maçã, suco de maçã e tomate, a hidrólise ácida foi desnecessária, sendo a hidrólise alcalina agressiva o bastante para liberação. Luthria & Pastor-Corrales (2006) trabalhando com grãos de feijão também demonstraram que a hidrólise ácida depois da alcalina não proporcionou aumento nos teores de ácidos fenólicos liberados.

Reduções nos teores de ácidos fenólicos, em função da etapa de hidrólise têm sido reportados na literatura. Krygier *et al.* (1982) determinando o teor de ácidos fenólicos em colza, indicaram que quando realizada a hidrólise alcalina (NaOH 4 mol/L /4 horas) sob atmosfera de nitrogênio, para uma variedade de derivados do ácido cinâmico (*o*-cumárico, *p*-cumárico e ácido ferúlico) a perda estimada foi de 10% em relação ao valor inicial. Mas, sob as mesmas condições, o ácido caféico e sináptico apresentaram redução de 67% e 37% dos valores originais, respectivamente.

Ante a degradação sofrida pelos ácidos fenólicos durante a hidrólise, Nardini *et al.* (2002) estudaram a prevenção da oxidação dos ácidos fenólicos utilizando ácido ascórbico e etilenodiaminotetracético (EDTA) durante a hidrólise alcalina com NaOH 2 mol/L. Neste trabalho, a adição destes ácidos à hidrólise, manteve o índice de recuperação do ácido benzoico e dos derivados do ácido cinâmico. Luthria & Pastor-Corrales (2006) realizando hidrólise nas mesmas condições citadas em feijão, também mostraram que a adição destes compostos evita perdas de ácidos fenólicos durante a reação de hidrólise.

Quanto as condições cromatográficas, Bystrom, *et al.* (2008) quantificaram ácidos fenólicos em *Melicoccus bijugatus* Jacq, uma fruta nativa da América do Sul, utilizando

um sistema de CLAE equipado com detector DAD e coluna C18 fase reversa para separação a 25°C. A fase móvel foi: fosfato de potássio monobásico - $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ 50 mmol/L - pH 2,6 (solvente A), acetonitrila/solvente A - 80:20 v/v (solvente B) e ácido fosfórico - H_3PO_4 200 mmol/L - pH 1,5 (solvente C). O gradiente de eluição do sistema foi: 0 minuto - 100% A; 4 minutos - 92% A / 8% B; 10 minutos - 14% B / 86% C; 22,5 minutos - 16,5% B / 83,5% C; 27,5 minutos - 25% B / 75% C; 50 minutos - 80% B / 20% C; 55-60 minutos - 100% A. O monitoramento foi a 280 nm e a identificação realizada por comparação com o tempo de retenção e com o espectro de absorção de padrões de ácidos fenólicos (ácido cumárico, ácido ferúlico e ácido caféico).

Nuutila *et al.* (2002) separaram ácidos fenólicos em espinafre e cebola usando coluna C18 de fase reversa à temperatura ambiente em sistema CLAE. O tempo de corrida foi de 25 minutos e a fase móvel constituída de metanol em água (20-60%) com 300 $\mu\text{L/L}$ ácido trifluoracético eluído a um fluxo de 0,8 mL/min. Após cada análise, a coluna foi lavada com 100% de metanol por 2 minutos, retornando a 20% e reequilibrado por 10 minutos antes da próxima análise. O monitoramento foi realizado a 280 e 340 nm. A identificação foi realizada por comparação com o tempo de retenção e o espectro de absorção de padrões de ácidos fenólicos (ácido 3-cumárico, ácido ferúlico, ácido *t*-cinâmico, ácido clorogênico e ácido caféico).

Mira *et al.* (2008) fizeram a separação de ácidos fenólicos em genótipos de arroz utilizando coluna de fase reversa C18 VYDAC e sistema de solventes: (A) água acidificada com 0,025% ácido trifluoracético (TFA) e (B) acetonitrila grau HPLC. O gradiente de eluição foi: 0 minuto - 5% solvente B; 5 minutos - 9% solvente B; 15 minutos - 9% solvente B; 22 minutos - 11% solvente B; 38 minutos - 18% solvente B. O tempo de lavagem foi de 8 minutos com 80% solvente B e o período de equilíbrio entre as corridas individuais foi de 15 minutos com 5% do solvente B. O volume de injeção foi de 20 μL , o fluxo de 0,8 mL/minuto e a temperatura da coluna foi mantida em 38 °C. O detector UV/Vis foi monitorado a 280 e 325 nm e o espectro de absorção foi gravado na faixa de comprimento de onda de 200 a 600 nm. Os ácidos fenólicos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção e dos espectros de absorção de padrões de ácidos fenólicos (ácido hidroxibenzóico, ácido vanílico, ácido *p*-cumárico, ácido ferúlico, ácido protocatecúico, ácido clorogênico, ácido sinápico e ácido caféico); e, por comparação com dados da literatura.

3.4. Frutas Tropicais

3.4.1. Alimentos funcionais

No ano de 1984, quando as pesquisas apontavam para essa nova função dos alimentos, foi proposto o termo “alimento funcional”, para aqueles que além de suprir a necessidade nutricional do organismo, apresentavam substâncias que desempenham funções biológicas importantes. Dentre estes, incluem-se as frutas, que são as fontes mais populares e acessíveis de compostos fitoquímicos (ARAI, 2002).

Os antioxidantes naturais particularmente em frutas e vegetais vêm despertando grande interesse entre os consumidores e comunidade científica devido aos estudos epidemiológicos que indicam que o consumo frequente destes compostos está associado com o retardo do envelhecimento (BEHL & MOOSMANN, 2002), com a prevenção de doenças como o câncer (WANG & MAZZA, 2002) e enfermidades cardiovasculares e circulatórias (STOCLET *et al.*, 2004).

A atividade antioxidante apresentada pelas frutas e vegetais é atribuída, principalmente, a três tipos de grupos de compostos: vitaminas, fenólicos e carotenóides (PELLEGRINI *et al.*, 2007; WANG *et al.*, 1996). Do ponto de vista botânico, o fruto é a parte da planta que se origina a partir do ovário fertilizado da flor onde as sementes estão localizadas. Entretanto, a definição comum considera como fruta a parte da planta que é doce e pode ser consumido na forma *in natura* (CTENAS *et al.*, 2000). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (1978) define fruta como o produto procedente da frutificação de uma planta, destinada ao consumo *in natura*.

As frutas e os demais alimentos fontes de substâncias funcionais se situam numa categoria entre os alimentos convencionais e os medicamentos, devendo ser entendidos como coadjuvantes na prevenção de doenças, mas não na cura ou tratamento de uma disfunção em estágio de desenvolvimento (ARAI, 2002). No entanto, algumas frutas provenientes de climas tropicais e subtropicais são conhecidas por estarem associadas às muitas propriedades medicinais. Muitas dessas frutas são utilizadas como matéria-prima para a produção de remédios contra tosse, sangramentos intestinais, diarreias e outros (Morton, 1987 *apud* LEONG & SHUI, 2002).

3.4.2. Polpa de fruta

De acordo com a Instrução Normativa nº 01 de 07 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento - MAPA, polpa de fruta é o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto, devendo ser obtido de frutas frescas, sãs e maduras com características físicas, químicas e organolépticas do fruto, sendo o teor mínimo de sólidos totais estabelecido para cada polpa de fruta específica.

A designação da polpa de fruta deve ser em acordo com o fruto que lhe deu origem, podendo ser designada como simples, quando originada de uma única fruta ou mista, quando originada de duas ou mais frutas. Para polpa simples, as características físicas, químicas e organolépticas deverão ser as provenientes do fruto de sua origem, observando-se os limites mínimos e máximos fixados para cada polpa de fruta, previstos nas normas específicas. Na polpa mista, essas características deverão manter a mesma relação de proporcionalidade com as quantidades de cada polpa que compõe o produto. Os equipamentos, embalagens, e recipientes utilizados durante o processamento e comercialização não deverão provocar alterações na polpa (BRASIL, 2000).

Quando destinada à industrialização de outras bebidas, a polpa de fruta poderá ser adicionada de aditivos químicos previstos para a bebida a que se destina, podendo ser utilizados acidulantes como regulador de acidez, conservadores químicos e corantes naturais, nos mesmos limites estabelecidos para sucos de frutas (BRASIL, 2000).

Segundo Uboldi Eiroa (1989), a conservação da polpa de fruta é basicamente determinada por condições que: preservem seus parâmetros de qualidade organoléptica (aroma, cor, sabor e consistência), previnam o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e a ocorrência de reações químicas e enzimáticas indesejáveis.

As polpas de frutas, em geral, apresentam características bastante peculiares em decorrência de suas propriedades físicas e químicas. A presença de ácidos orgânicos em sua composição geram valores de pH entre 2,0 e 4,5. O teor de carboidratos é bastante considerável e constituído, principalmente por glicose, frutose, várias pentoses e pectinas. A elevada atividade de água e o baixo potencial de oxirredução são parâmetros determinantes na conservação desses produtos (GELDREICH, 1962).

3.4.3. Processamento de frutas

Atualmente, o processamento de frutas vem crescendo de forma bastante significativa. De acordo com o IBRAF (2010) o Brasil exportou mais 2 bilhões de toneladas de produtos derivados de frutas no ano de 2008. A crescente demanda por produtos processados a partir de frutas sinaliza a necessidade da manutenção das características químicas, nutricionais e organolépticas das frutas em seus derivados. Além disso, a qualidade higiênico-sanitária deve ser assegurada, sendo esta, uma das maiores exigências dos mercados, nacional e internacional.

Entre os produtos derivados de frutas, a polpa de fruta congelada está em expansão no mercado, cuja procura vem crescendo substancialmente tanto para consumo doméstico, como para serviços de alimentação (lanchonetes e restaurantes). No entanto, observa-se que a maioria dos fabricantes de polpa não apresenta condições para atender a demanda do mercado, tanto em relação às condições higiênico-sanitárias quanto à padronização do produto, devido à inexistência de controle de qualidade e pelo uso de processos inadequados de embalagem (SEBRAE, 1997).

Além do consumo doméstico, a polpa de fruta tem grande importância, como matéria-prima, em vários segmentos da indústria de alimentos, podendo ser produzida nas épocas de safra, armazenada e utilizada nos períodos mais propícios, de acordo com a demanda do mercado consumidor. Dentre as indústrias que utilizam a polpa de fruta como parte da formulação de seus produtos se destaca os fabricantes de iogurtes, doces, biscoitos, bolos, sorvetes, refrescos e alimentos infantis (BUENO *et al.*, 2002).

Proudlove (1996) cita que as frutas contêm em torno de 90% de água e uma ampla gama de pigmentos, ácidos orgânicos, óleos essenciais, carboidratos e enzimas. Os principais pigmentos são a clorofila, em frutos não maduros, e os carotenóides sintetizados durante a maturação. Neste contexto, as frutas representam uma excelente opção para produção e/ou enriquecimento nutricional de produtos industrializados como doces, compotas, geléias, frutas cristalizadas, sucos e sorvetes. No entanto, a aplicação de técnicas de processamento industrial para obtenção ou conservação de polpas de fruta deve ser avaliada, visto que, os efeitos do processamento sobre os compostos funcionais podem ser bastante severos, a depender das características e da composição fitoquímica da fruta, bem como, da interação entre esses compostos frente ao tipo de processamento aplicado (MILLER *et al.*, 1995).

3.4.4. Acerola (*Malpighia emarginata* L.)

3.4.4.1. Aspectos botânicos

A família *Malpighiaceae* compreende em torno de 71 gêneros e 1.250 espécies. Algumas espécies de *Malpighiaceae* despertam grande interesse econômico, como é o caso da acerola, também conhecida como cereja das Antilhas (SOUZA *et al.*, 2006). É uma planta típica de países de clima tropical, desenvolvendo-se na região Sul do Texas, México e América Central, e no Nordeste da América do Sul e Caribe, que se destaca por apresentar nutrientes essenciais como: vitamina C, ferro, cálcio e fósforo (ALBERTINO *et al.*, 2009; MOTA *et al.*, 2005; MATSUURA *et al.*, 2001).

A acerola é originária da América Central, sendo cultivada nas regiões, Nordeste e Sudeste do Brasil. O fruto da aceroleira é uma drupa, carnosa, variando na forma, tamanho e peso. Nela, o epicarpo é uma película fina (casca), o mesocarpo é a polpa e o endocarpo é constituído por três caroços (ALMEIDA *et al.*, 2002). A composição química dos frutos de aceroleira depende da espécie, localização do plantio, fertilização e do estágio de maturação dos frutos (LIMA *et al.*, 2005). As variedades da acerola classificam-se em doces e ácidas. As ácidas possuem maior teor de vitamina C que às doces (SILVA *et al.*, 1988).

O fruto da aceroleira é classificado como um fruto climatérico que passa por uma série de alterações desde a maturação até a senescência, destacando-se a degradação da clorofila, a síntese dos carotenóides e das antocianinas, a redução na acidez e a acentuada perda de vitamina C ao longo desses estádios. A elevada taxa respiratória acelera a ocorrência desses processos, reduzindo o período que a fruta apresenta a qualidade requerida para o seu aproveitamento como alimento (ALVES *et al.*, 1995).

As variações observadas em frutos de acerolas estudadas em diferentes regiões podem ser atribuídas a fatores como: precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação, irrigação, ocorrência de pragas e doenças (SEMENSATO & PEREIRA, 2000). Segundo Nogueira *et al.* (2002), nas frutas, são observadas variações significativas tanto nas características físicas (coloração da casca, peso e tamanho), como nos parâmetros químicos (Vitamina C, sólidos solúveis totais e pH).

3.4.4.2. Aspectos sócio-econômicos

Na década de 50, a cultura da acerola foi introduzida, oficialmente, no Brasil pela Universidade Federal de Pernambuco, na Região Nordeste, com sementes trazidas de Porto Rico. O cultivo da aceroleira adquiriu escala comercial somente na década de 80, sendo pioneiros os estados da Bahia e do Pará, que visavam à exportação da acerola para a Europa e para o Japão (ANDRADE *et al.*, 1995).

A aceroleira produz o ano todo no Brasil, principalmente em regiões que apresentam baixa altitude. O seu cultivo é bastante explorado nos Estados do Nordeste brasileiro, com destaque para Bahia, Ceará e Paraíba. A produtividade média em áreas não irrigadas está em torno de 10 a 15 t/ha/ano, podendo aumentar com o uso de irrigação, especialmente em regiões com déficit hídrico acentuado (EMBRAPA, 2010).

A fruta é comercializada, tanto verde como madura, sendo matéria-prima de interesse das indústrias alimentícias e farmacêuticas. O processamento de acerola na indústria de alimentos é voltado para a produção de polpas, sucos, sobremesas e gelados comestíveis. Enquanto na farmacêutica é utilizada para extração de nutrientes funcionais, como, o ácido ascórbico. As exportações acontecem especialmente para países como França, Alemanha e Japão, com demanda crescente (ANUÁRIO, 2005).

Nos países em desenvolvimento como o Brasil, que apresentam grande contingente populacional de baixa renda, a cultura da acerola exerce significativo papel social, tanto no setor ocupacional, contribuindo para a geração de empregos; como nutricional, podendo ser utilizada para alimentação humana, melhorando a qualidade da nutrição e da saúde da população (SOUZA *et al.*, 2006).

A acerola ganhou popularidade por apresentar elevados teores de vitamina C, em estudos realizados por diversos autores: 760,67 mg/100g – 2.530,04 mg/100g (SILVA, 2008), 1.157,50 mg/100g – 1.263,00 mg/100g (MOTA *et al.*, 2005) e 933,0 mg/100g – 1.820,0 mg/100g (MATSUURA *et al.*, 2001). A riqueza nutricional apresentada pelo fruto despertou o interesse de pesquisadores em todo o mundo e impulsionou o cultivo industrial desde os anos 40 em países como Estados Unidos e Porto Rico (SILVA *et al.*, 1988). O cultivo da acerola em escala comercial se desenvolveu em regiões tropicais e subtropicais do continente americano e, na década de 90, com a crescente demanda do mercado externo, ganhou *status* de pomar comercial no Brasil (ALVES, 1993).

3.4.4.3. Processamento industrial da acerola

A procura por alimentos que contenham elevados teores de ácido ascórbico tem aumentado o interesse pela acerola e seus derivados. Além da vitamina C, a acerola é rica em diversos compostos com propriedades antioxidantes, como os carotenóides e os compostos fenólicos totais, que a coloca em lugar de destaque entre as frutas (LIMA *et al.*, 2005). Sendo uma fruta altamente perecível, seu consumo *in natura* é bastante limitado, pois é classificada como um fruto climatérico que passa por uma série de alterações durante os processos de maturação, amadurecimento e senescência. No entanto, a acerola apresenta um bom rendimento em polpa, em torno de 75%, o que desperta o interesse da indústria de alimentos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O aumento da produção e do consumo da acerola, aliado ao fato de se tratar de um fruto de extrema perecibilidade, demonstra a necessidade de se desenvolver alternativas para seu processamento, visando tanto a conservação, como a oferta da fruta através de seus derivados, por um maior período de tempo, como também disponibilizar no mercado produtos de maior valor agregado. Sob esse aspecto a acerola leva vantagem sobre a maioria das frutas devido a sua riqueza nutricional (Tabela 3) que lhe confere ampla possibilidade de industrialização, impulsionado pelas suas características sensoriais que lhe garantem uma excelente aceitação de mercado (GOMES *et al.*, 2000). De acordo com Folegatti & Matsuura (2003), os principais produtos explorados comercialmente são a polpa pasteurizada congelada e o suco pasteurizado.

Tabela 3. Composição centesimal da polpa de acerola.

Composição Centesimal	USDA (2009)	Coutinho (1993)
Umidade (%)	91,41	91,10
Carboidratos (%)	7,69	7,58
Proteínas (%)	0,40	0,68
Cinzas (%)	0,20	0,45
Lipídeos (%)	0,30	0,19

Além do seu fácil cultivo e do valor nutricional, destaca-se a grande capacidade de aproveitamento industrial da fruta, uma vez que pode ser consumida sob forma de compotas, geléias, na forma de alimentos nutracêuticos, como comprimidos ou cápsulas, empregados como suplemento alimentar, chás, bebidas para esportistas, barras nutritivas e iogurtes (CARPENTIERE-PÍPOLO *et al.*, 2002). Também é consumida na forma de licor, *soft drink*, bombons, goma de mascar, néctares, purê, sorvetes, cobertura de biscoitos e refrigerantes (CARVALHO *et al.*, 2000). Ante os produtos citados, destaca-se a polpa de acerola, visto que, além de ser destinada a venda direta ao consumidor, também é utilizada como matéria-prima nas indústrias alimentícias.

De acordo com a Instrução Normativa nº 01 de 07 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento - MAPA, a polpa ou purê de acerola é o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível da acerola (*Malpighia*, spp.) através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais de 6,50 g/100g. Quanto às características sensoriais, o produto deverá apresentar coloração variando de amarelo ao vermelho, podendo ser adicionado corantes naturais para correção da cor, sabor ácido e aroma próprio. Quanto às características químicas e composição, a polpa de acerola deverá obedecer aos padrões de identidade e qualidade fixados para polpa de fruta, bem como os parâmetros específicos para polpa de acerola apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Padrões de identidade e qualidade para polpa de acerola.

Parâmetros	Mínimo	Máximo
Açúcares totais da acerola (g/100g)	4,00	9,50
Sólidos solúveis (°Brix à 20°C)	5,50	-
Acidez total (% ácido cítrico)	0,80	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	800,00	-
Sólidos totais (g/100g)	6,50	-
pH	2,80	-

Fonte: BRASIL, 2000

3.4.5. Caju (*Anacardium occidentale* L.)

3.4.5.1. Aspectos botânicos

O cajueiro tem como fruto principal a castanha, rica em seiva leitosa, que apresenta sabor amargo e adstringente, se consumido *in natura*. Conforme amadurece o fruto, o pedúnculo (receptáculo) que o suporta intumescce rapidamente, em poucos dias, para formar uma estrutura carnosa, piriforme, com o fruto verdadeiro pendente na sua extremidade. Esse pedúnculo hipertrofiado, que é o fruto falso ou pseudofruto, de casca fina de cor amarela ou avermelhada, com 4,5 - 7,5cm de comprimento e 4,0 – 5,0 cm de largura, pesando em média, 60 gramas, contém uma polpa esponjosa, de cor branco-amarelada, succulenta e de sabor ácido agradável para consumo *in natura* quando maduro, porém muito adstringente quando verde (MEDINA *et al.*, 1978).

O caju pertence à família *Anacardiaceae* e ao gênero *Anacardium*. É originário das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Duas variedades deste pseudofruto podem ser comumente encontradas no Brasil, com cor da casca vermelha ou amarela, ambas com polpa amarela clara (ASSUNÇÃO e MERCADANTE, 2003). O processo de amadurecimento acontece de setembro a janeiro, sendo que, árvore com quatro anos de idade pode produzir de 100 a 150 Kg de caju por ano (SOUZA FILHO, 1987).

Os principais indicadores para o ponto de colheita do caju são: a coloração da casca, a firmeza e a composição química do pedúnculo. Entretanto, na prática, a colheita é realizada quando o pedúnculo está completamente desenvolvido, com o tamanho máximo, textura firme e coloração característica da espécie. Uma vez definido o ponto ótimo de colheita, devem-se considerar alguns cuidados indispensáveis para manutenção da qualidade do pedúnculo, dentre eles, o horário da colheita, devendo ser realizada nas horas de temperaturas mais amenas (BARROS, 1993).

O pedúnculo do cajueiro é pouco aproveitado desde o surgimento das primeiras plantações, na década de 70. De acordo com Moura (1998) o baixo aproveitamento deve-se ao fato do pedúnculo apresentar uma estrutura muito delicada, pois sua casca consiste em uma película fina, que se rompe facilmente, permitindo a ocorrência de reações degradativas, o que dificulta o transporte e a comercialização. Por isso, o mercado interno é restrito e praticamente não existe exportação na forma *in natura*.

3.4.5.2. Aspectos sócio-econômicos

O cajueiro é uma árvore de múltipla utilidade, pois tudo é aproveitado, polpa, bagaço, castanha, a casca da árvore, folhas e a madeira; entretanto, é a amêndoa tostada – castanha de caju - o artigo de grande interesse, sendo bastante conhecida no mercado mundial, em virtude do seu elevado valor nutritivo; enquanto o pseudofruto é vendido por preço insignificante. Muitas vezes, o caju, subproduto da indústria processadora de castanha, é utilizado como ração para animais, e até mesmo, destinado ao descarte em épocas de safra (ASSUNÇÃO & MERCADANTE, 2003; MEDINA *et al.*, 1978).

A cajucultura tem grande destaque na fruticultura brasileira, principalmente para o Nordeste, onde representa uma atividade econômica e social de grande expressão. A área ocupada com cajueiro no Brasil corresponde a aproximadamente 700.000 hectares, sendo a região Nordeste responsável por mais de 99% da produção nacional. Dessa forma, a agroindústria do caju tem ainda um grande impacto sócio-econômico, em virtude do grande número de empregos gerados nas atividades agrícolas, industriais e comerciais, gerando renda e fixando o homem no campo. No mercado nacional o caju tem sido pouco explorado, em razão da facilidade com que o mercado externo vem absorvendo grande parte da produção dos dois principais produtos obtidos da castanha, que são a amêndoa e o líquido da casca de castanha; enquanto ao pseudofruto, que pode gerar uma série de produtos (polpa, suco, doces, passas, vinho e outros), não se tem dado a devida importância (OLIVEIRA & ANDRADE, 2004; SOUZA FILHO, 1987).

O pedúnculo do cajueiro apresenta alto grau de perecibilidade e elevados índices de perda na produção. A rápida deterioração do pedúnculo é um problema que exige maior atenção da pesquisa, no sentido de sugerir alternativas de aproveitamento, a fim de evitar as excessivas perdas no campo e na indústria; pois, além do aspecto econômico, o caju e seus derivados apresentam importância nutricional bastante expressiva. Em estudos realizados, comprovou-se que um mesmo volume de suco de caju contém de 4 a 5 vezes maior teor de vitamina C do que o suco de laranja, fruta considerada padrão nessa vitamina, possuindo de 156 a 387 mg de vitamina C; 14,7 mg de cálcio; 32,55 mg de fósforo e 0,575 mg de ferro por 100 mL de suco. Mesmo assim, o aproveitamento do pedúnculo do cajueiro para consumo *in natura* ou processamento industrial não atinge 6% da produção (BARROS, 1993; SOARES, 1986).

3.4.5.3. Processamento industrial do caju

O correto manuseio pós-colheita do caju é o primeiro passo para garantir a qualidade da matéria-prima para a indústria e a boa apresentação do produto, indispensável para o mercado de mesa. Ainda no campo pode ser feita uma primeira seleção para a retirada dos pedúnculos que apresentem manchas, danos mecânicos, enrugamento ou tamanho pequeno. Nesta primeira seleção podem ser separados os frutos com qualidade para o mercado *in natura* daqueles destinados à indústria. No entanto, sempre que possível, as operações de beneficiamento pós-colheita devem ser feitas no galpão de embalagem. Para o mercado de consumo do pedúnculo *in natura*, os mesmos devem estar perfeitos, sem deformações. A indústria aceita pedúnculos com defeitos físicos, como deformações ou pouco desenvolvimento de cor, desde que não apresentem sinais de doenças, ataque de pragas ou de fermentação (EMBRAPA, 1992).

O caju apresenta-se como um importante componente da dieta, contribuindo como fontes de vitaminas, principalmente, a pró-vitamina A e a vitamina C, além de minerais e carboidratos (SOUZA FILHO *et al.*, 1999). Os teores de vitamina C no caju variam de 120 a 300 mg/100g, valores considerados altos quando comparados às doses recomendadas para ingestão diária, que variam de 30 a 50 mg/dia (ANDERSON *et al.*, 1998). Medina *et al.* (1978) sintetizou a composição físico-química das duas variedades principais do caju - vermelho e amarelo (Tabela 5).

Tabela 5. Composição físico-química do caju das variedades - vermelho e amarelo.

Composição Centesimal	Caju vermelho	Caju amarelo
Umidade (%)	86,07	86,62
Cinzas (%)	0,38	0,37
Sólidos solúveis (°Brix)	10,38	10,66
Açúcares redutores (%)	8,00	7,95
Açúcares não-redutores (%)	0,38	0,38
Acidez (% ácido málico)	0,34	0,42
Taninos (mg/100mL)	0,40	0,35

Fonte: Medina *et al.*, 1978.

O caju é composto por duas partes distintas, correspondendo em média a uma distribuição em peso de 10% de castanha (fruto) e 90% de pedúnculo (pseudofruto). Destas, é o pedúnculo que possui o menor índice de aproveitamento, sendo o suco o produto de maior exploração desta matéria-prima. O pedúnculo de caju possui um amplo potencial de aproveitamento industrial, gerando diversos produtos oriundos de sua fração líquida, tais como suco integral, clarificado, concentrado, néctares, vinho e refrigerante; bem como, de sua fração sólida, como os doces, compotas e produtos desidratados (SILVA NETO, 2003).

De acordo com a Instrução Normativa nº 01 de 07 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento - MAPA, a polpa de caju é o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.) através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais de 10,50 g/100g. Quanto às características sensoriais, o produto deverá apresentar coloração variando do branco ao amarelado, aroma característico da fruta e sabor próprio, levemente ácido e adstringente. Quanto às características químicas e composição, a polpa de caju deverá obedecer aos padrões de identidade e qualidade fixados para polpa de fruta, bem como os parâmetros específicos para polpa de caju apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Padrões de identidade e qualidade para polpa de caju.

Parâmetros	Mínimo	Máximo
Açúcares totais do caju (g/100g)	-	15,00
Sólidos solúveis (°Brix à 20°C)	10,00	-
Acidez total (% ácido cítrico)	0,30	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	80,00	-
Sólidos totais (g/100g)	10,5	-
pH	-	4,60

Fonte: BRASIL, 2000.

3.5. A pasteurização e seus efeitos em compostos bioativos

O processamento térmico de alimentos envolve aquecimento na faixa de temperatura de 50 a 150°C, dependendo do pH do produto e da vida de prateleira desejada. O tipo e a duração do processo térmico têm influência bastante significativa na qualidade sensorial e nutritiva do produto (FELLOWS, 2000).

O tratamento térmico é muito utilizado para aumentar o tempo de comercialização e facilitar a distribuição dos derivados de frutas, sendo este tratamento moderado (<100°C) devido aos baixos valores de pH apresentados por estes produtos (pH<4,5), que de certa forma, atua de forma seletiva para determinados grupos de microrganismos. A pasteurização, quando aplicada em polpa de fruta, tem como objetivo principal o aumento da vida útil da polpa, por vários meses, pela redução da carga microbiana contaminante (fungos e leveduras) e pela inativação enzimática, provocando alterações mínimas sobre o valor nutritivo e características sensoriais (FELLOWS, 2000).

O estudo do processo de pasteurização de alimentos passa pela seleção de parâmetros (físico-químicos, nutricionais e sensoriais), pelo ajuste do processo para cada produto (temperatura/tempo) e pela avaliação da qualidade do produto, quando armazenado em condição controlada de temperatura (BETTS, 1992). Durante o processamento, o calor pode contribuir para diminuir a absorção e biodisponibilidade dos nutrientes por promover oxidação ou formação de complexos de antioxidantes com carboidratos e proteínas (PAPAS, 1999).

A população microbiológica de polpa de frutas ácidas consiste basicamente de bolores, leveduras, bactérias acéticas e lácticas, que geralmente são sensíveis ao calor. O tratamento térmico é muito utilizado para aumentar o tempo de comercialização dos produtos de frutas, sendo este tratamento moderado (<100°C), devido ao baixo pH, a baixa resistência térmica dos microrganismos presentes e ao elevado teor de açúcares nos produtos de frutas, que podem gerar problemas de caramelização se submetidos à altas temperaturas (MAIA *et al.*, 2007; UMME, 1996).

Assim como a maioria dos alimentos, a polpa de fruta é conservada pela utilização de métodos combinados. Geralmente, dois ou mais processos são aplicados. Em sucos e polpas de frutas, em geral, são associados o tratamento térmico (pasteurização), o uso de conservantes e o congelamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Na linha de processamento de polpa de fruta vários tipos de processos podem ser utilizados. No entanto, mesmo nas indústrias de maior porte, a tecnologia mais especializada envolve os processos de pasteurização e envase asséptico do produto (IBRAF, 2005). A pasteurização de polpa de fruta pode ser feita de maneira rápida (*HTST - High Temperature, Short Time*), usando-se temperaturas superiores a 70°C por alguns segundos; ou de maneira lenta (*LTLT - Low Temperature, Long Time*), com temperaturas entre 58°C e 70°C por alguns minutos (FELLOWS, 2000). Dentre estes, o método rápido é o mais utilizado pela indústria de polpas, por ser realizado em intervalos de tempo mais curtos, permitindo maiores índices de produção.

O processamento influencia no teor, atividade e biodisponibilidade de compostos bioativos em frutas e vegetais. Este aspecto apresenta grande importância, visto que, uma pequena fração da produção anual desses produtos é consumida *in natura*. A maior parte precisa ser processada, seja por razões de segurança alimentar, qualitativas ou econômicas. A qualidade dos produtos pasteurizados está relacionada à preservação dos nutrientes e às suas características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais, que devem ser próximas da fruta *in natura*. Essa qualidade deve ser monitorada durante o processamento e a estocagem, pois o produto poderá sofrer alterações em seu valor nutricional, aroma e sabor, dependendo da temperatura e do tempo de pasteurização, da temperatura de estocagem, do oxigênio residual, da permeabilidade da embalagem ao oxigênio e de outros fatores que limitam a sua vida útil. (MILLER *et al.*, 1995).

As operações unitárias que envolvem aquecimento são responsáveis por alterações nas propriedades nutricionais dos alimentos, podendo promover a destruição de vitaminas, a redução do valor biológico protéico e a oxidação lipídica (FELLOWS, 2000). Por isso, a aplicação deste tipo de tratamento em alimentos é foco de diversos estudos, que visam avaliar desde os efeitos do tratamento até a estabilidade do produto.

A influência da pasteurização nos principais compostos bioativos foi avaliada em suco de uva (IGUAL *et al.*, 2010). O efeito mais significativo foi apresentado pela redução de 15,8% no teor de compostos fenólicos totais e 39,8% na atividade antioxidante total (DPPH). Quanto aos ácidos orgânicos, o ácido cítrico e o ácido ascórbico apresentaram redução de 4% e 5%, respectivamente.

Recentemente, Patras *et al.* (2009a) demonstraram que a atividade antioxidante total, as antocianinas (cianidina-3-glicosídeo & pelargonidina-3-glicosídeo), os

compostos fenólicos totais e o ácido ascórbico em purê de amora preta e morango foram significativamente afetados pelo processamento térmico a 70°C por 2 minutos. Nos purês processados, a atividade antioxidante mostrou uma redução de 25% (morango) e 2,8% (amora); o ácido ascórbico de 21% (morango); os fenólicos de 4,4% (morango) e de 3,6% (amoras) e as antocianinas de 28% (morango) e 3% (amora) quando comparado aos purês não tratados termicamente. Neste trabalho, os autores apresentam a tecnologia de alta pressão como um processo alternativo ao tratamento de vegetais com a manutenção de suas propriedades nutricionais.

Nas mesmas condições citadas acima (70°C/2 minutos), a atividade antioxidante total e o teor de compostos bioativos de purês de tomate e cenoura pasteurizados foram avaliadas. No purê de cenoura, não foi detectada a presença de ácido ascórbico, o potencial antioxidante apresentou um incremento de 18% e o teor de fenólicos totais uma redução de 9%. Enquanto no purê de tomate, obteve-se redução de 39% no teor de ácido ascórbico, 8% na atividade antioxidante e 5% no teor de fenólicos totais (PATRAS *et al.*, 2009b).

O efeito do processo térmico sobre a atividade antioxidante, teor de fenólicos totais e de ácido ascórbico foi investigado em purê de tomate por Pérez-Conesa *et al.* (2009). Foram adotados três valores de temperatura (98°C/108°C/128°C) por tempo constante (40 segundos). O teor de ácido ascórbico reduziu 90% e os fenólicos totais de 11 a 23% (98 a 128°C). Quanto à atividade antioxidante verificou-se redução de 3,4% a 98°C; enquanto nas demais faixas de temperatura obtiveram-se aumento de 50% (108°C) e 67% (128°C). Esse aumento verificado pode ser explicado pelo acréscimo observado nos teores dos carotenóides quantificados, o licopeno e o β -caroteno.

Aguilar-Rosas *et al.* (2007) estudando as propriedades físico-químicas do suco de maçã pasteurizado (90°C/30 segundos), não encontraram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para o pH e acidez; mas, o teor de compostos fenólicos apresentou redução de 32%.

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram o efeito do processamento em suco tropical de goiaba nos teores de vitamina C, antocianinas e compostos fenólicos totais. Após o tratamento térmico a 90°C por 60 segundos, a vitamina C e os fenólicos totais foram afetados negativamente, da ordem de 12% e 8% respectivamente, enquanto os teores de antocianinas não apresentaram diferença significativa.

Maia *et al.* (2007) estudaram o efeito do tratamento térmico sobre alguns componentes do suco de acerola. As características físico-químicas de acidez, sólidos solúveis e açúcares não apresentaram variação estatística após a pasteurização a 90°C por 60 segundos. O teor de vitamina C apresentou uma redução de 3,38% e o teor de antocianinas totais sofreu uma redução de 19,18%, sendo o parâmetro mais afetado.

Monteiro *et al.* (2005), avaliaram a influência da pasteurização da polpa de maracujá em três faixas de temperatura (69-72°C, 73-76°C e 77-82°C) durante 30 segundos e mantida sob refrigeração durante 180 dias. Os resultados obtidos revelaram que as polpas pasteurizadas nas diferentes faixas de temperatura apresentaram discreto aumento nos valores de acidez total e pH, pequena redução no *ratio* (°Brix/Acidez), conteúdo de sólidos solúveis totais de 14°Brix e perdas de vitamina C da ordem de 80%.

Lo Scalzo *et al.* (2004) investigaram efeito do tratamento térmico (80°C/1 minuto) nas características químicas e nas propriedades antioxidantes do suco de laranja sanguínea. Os teores de sólidos solúveis totais, acidez total e pH não apresentaram diferença significativa. As concentrações dos ácidos orgânicos clorogênico e caféico apresentaram um aumento de 25 e 13%, respectivamente; enquanto, o ácido ferúlico apresentou uma redução de 6,5%. O ácido ascórbico apresentou uma redução de 3,5% e as antocianinas um aumento de 47,5%.

Pimentel *et al.* (2001) avaliando a estabilidade do ácido ascórbico de polpas de acerola preservadas por congelamento a - 20°C, tratamento térmico (*hot pack*, 90°C/15 minutos) e uso de aditivos (0,08% de benzoato de sódio), concluíram que, após seis meses de armazenamento, houve uma perda de vitamina C da ordem de 14,93% no produto congelado, de 28,97% no submetido ao tratamento térmico e de 33,77% no preservado quimicamente.

Freitas *et al.* (2006), avaliando a estabilidade de sucos de acerola obtido por processo *hot fill* armazenados por 350 dias, observaram que houve uma redução de 45,12% no teor de vitamina C. No entanto, o produto ainda se apresentava como excelente fonte dessa vitamina, suprimindo em 220% a mais do que o recomendado para ingestão diária (45 mg).

4. Material e Métodos

4.1. Reagentes e padrões

Os padrões analíticos utilizados foram: ABTS [2,20-azino-bis(ácido 3-etilbenzotriazolina-6-sulfônico)], quercetina, catequina hidratada, ácido *p*-cumárico, ácido caféico e ácido gálico - marca: Sigma; Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico) e ácido protocatecúico - marca: Aldrich; TPTZ [2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina], ácido ferúlico e ácido vanílico - marca: Fluka; e o ácido L-ascórbico - marca: Sigma-Aldrich.

Os reagentes e solventes utilizados foram: acetonitrila grau HPLC – marca: J.T. Baker; *Folin-Ciocalteu* - marca: Sial; acetato de sódio, ácido clorídrico e persulfato de potássio - marca: Synth; álcool etílico, ácido oxálico, cloreto férrico, fosfato monobásico de potássio, hidróxido de sódio, sulfato de sódio e sulfato ferroso - marca: Dinâmica; ácido fosfórico, ácido trifluoracético e carbonato de sódio - marca: Vetec; éter etílico, álcool metílico, acetona e hexano – marca: Proquímios.

4.2. Obtenção da polpa de fruta – acerola e caju

A polpa de fruta foi extraída a partir de lotes de frutas (acerola e caju) adquiridas na Central de abastecimento do estado de Sergipe (CEASA) e no Mercado municipal da cidade de Aracaju (Sergipe, Brasil). As frutas foram lavadas em água corrente, sanitizadas (1% de cloro ativo, Sumaveg, Suma), despulpadas em despulpadeira elétrica (Compacta, Itametal), acondicionadas em potes de poliestireno (Capacidade: 100 mL) com tampa e armazenadas sob congelamento em freezer convencional (BVE28, Brastemp) a -18°C . Todas as operações de obtenção das polpas foram realizadas no Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe.

Foram utilizados três lotes de acerola, todos compostos por frutas maduras e de procedências diferentes (lote 01: município de Itabaiana - Sergipe, lote 02 e 03: produtores diferentes do município de Lagarto - Sergipe). Quanto ao caju, foram utilizados três lotes da mesma procedência (Feira de Santana - Bahia), mas em estágio de maturação diferentes, avaliados em função da coloração da casca e da firmeza do fruto: lote 01 – frutas verdes, lote 02 – frutas maduras, lote 03 – frutas em estágio de maturação avançado (Figura 6).

As frutas foram submetidas a análises físicas antes da extração da polpa. As determinações realizadas foram: cor da casca (colorímetro digital CR-10, Minolta), firmeza (penetrômetro manual FT-327, TR), massa (balança digital Mark 6500, Tecnal), comprimento e diâmetro (paquímetro digital PA-31, Pantec). As determinações foram realizadas em 10 frutas representativas de cada lote (Figura 6).



Figura 6. Lotes de caju e acerola utilizados para extração das polpas estudadas.

4.3. Caracterização físico-química das polpas de frutas

As análises físico-químicas realizadas nas polpas *in natura* e pasteurizadas foram: teor de umidade (Estufa – Biopar, 15084), cinzas (Mufla – GP Científica, TC4S), lipídeos (extração por *Soxhlet* 211-6, Nova ética), proteínas (método de *Kjeldahl* – Digestor TE 146-5/50, Destilador TE 0363, Tecnal), sólidos solúveis totais (Refratômetro *Abbe* em escala de °Brix, Biobrix), pH (potenciômetro DLA-PH, Del Lab) e acidez total titulável (% ácido cítrico). Todas as determinações foram realizadas, em triplicata, seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2005). O teor de carboidratos foi determinado por diferença, subtraindo de 100 a soma dos valores obtidos para umidade, proteínas, lipídeos e cinzas. Foi calculado o *ratio*, ou seja, relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

4.4. Pasteurização das polpas de frutas

A pasteurização das polpas foi realizada em escala de bancada, em banho-maria (314-6DN, Nova Ética). A agitação e o controle de temperatura das amostras durante o processo foram realizados manualmente. As condições de trabalho para a pasteurização rápida (88°C por 15 segundos) e lenta (65°C por 30 minutos) foram escolhidas em função do pH (pH<4,5) da polpa de fruta (FELLOWS, 2000). Logo após o tratamento térmico, as amostras foram resfriadas em banho de gelo, até atingir a temperatura de 20°C. As análises foram realizadas imediatamente após a pasteurização das polpas.

4.5. Quantificação de vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado pelo método 43.064 da AOAC (1984) modificado por Bernassi & Antunes (1988), que substituíram a solução de extração de ácido metafosfórico por ácido oxálico. O método titulométrico é fundamentado na redução do 2,6-diclorofenol indofenol (DCPIP) por uma solução padrão de ácido ascórbico. As determinações foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em mg de vitamina C.100g⁻¹ de polpa de fresca.

4.6. Quantificação do ácido L-ascórbico por CLAE-DAD

A extração do ácido L-ascórbico foi realizada de acordo com o procedimento descrito por Rosa *et al.* (2007), com algumas modificações (BENASSI & ANTUNES, 1988). Para a polpa de acerola a massa utilizada foi de 0,2 g; enquanto para o caju, a

massa foi de 2,0 g. Adicionou-se 6,0 mL da solução aquosa de ácido oxálico 0,5% á polpa de fruta. A mistura foi homogeneizada em vortex (QL-901, Biomixer) por 1 minuto e centrifugada (5804R, Eppendorf) a 7.500 rpm por 10 minutos (4°C). O sobrenadante, fonte de ácido L-ascórbico, foi filtrado em filtro de membrana de 0,45µm antes da injeção da amostra (5 µl). Utilizou-se como fase estacionária uma coluna de fase reversa VP-ODS C18 (Varian) e a fase móvel constituiu em solução tampão fosfato monobásico de potássio 0,025 mol.L⁻¹ acidificado com ácido fosfórico concentrado (pH 2,5) a um fluxo de 1,0 mL.minuto⁻¹. As análises foram realizadas em sistema de CLAE (Shimadzu) equipado com sistema de bombas (LC-20AT), autoinjeter (SIL-20A) e detector DAD UV/VIS (SPD-20A), monitorado a 243 nm. Todas as extrações e determinações foram realizadas em triplicata para cada lote.

A curva de calibração foi preparada a partir das medidas de área das diluições da solução padrão de ácido L-ascórbico analisadas sob as mesmas condições cromatográficas dos extratos. A concentração da primeira diluição foi de 0,5600 mg de ácido L-ascórbico.mL⁻¹ em água deionizada. As demais diluições que geraram os 08 pontos da curva de calibração foram preparadas a partir da diluição anterior (proporção 1:1), dentro de um intervalo de 0,0011 a 0,5600 mg.mL⁻¹. Os resultados foram expressos em mg de ácido L-ascórbico.100g⁻¹ de polpa fresca.

4.7. Determinação do teor de antocianinas monoméricas e cor polimérica

O teor de antocianinas monoméricas foi determinado pelo método oficial da AOAC 2005.02 que se baseia na forma de apresentação das antocianinas quando submetidas à diferença de pH. A extração foi realizada em meio alcoólico (álcool etílico) acidificado com solução aquosa de ácido clorídrico (1,5 mol.L⁻¹) até obter pH 1,0. A polpa foi misturada a solução extratora utilizando a proporção de 1:3. A mistura foi mantida em refrigeração (4°C), sob proteção da luz por 20 horas (Figura 7). Os extratos filtrados foram dissolvidos em 2 sistemas tampão: cloreto de potássio pH 1,0 (0,025 mol.L⁻¹) e acetato de sódio pH 4,5 (0,4 mol.L⁻¹) (Figura 8). Para o extrato da polpa de acerola o fator de diluição utilizado foi 5 (Figura 9); enquanto para o caju, o fator de diluição foi 10, em função da turbidez excessiva apresentada pela solução, quando aplicou-se um fator de diluição maior (Figura 10). Após 15 minutos de reação, a absorbância das amostras foi medida a 520 nm (máxima absorção) e a 700 nm (correção da turbidez) em espectrofotômetro (UV-mini 1240, Shimadzu), utilizando água

destilada como branco. As determinações foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em mg equivalentes a cianidina-3-glicosídeo. 100g^{-1} de polpa fresca (GIUSTI & WROSLTAD, 2001).

O percentual de cor polimérica, gerado pela polimerização das antocianinas, foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Giusti & Wrosltad (2001) que consiste no tratamento da amostra com metabissulfito de potássio. A extração foi conduzida conforme o procedimento descrito anteriormente para as antocianinas monoméricas. Os extratos filtrados foram dissolvidos em água destilada, utilizando os mesmos fatores de diluição aplicados para a determinação de antocianinas monoméricas. Foram transferidos 2,8 mL da amostra diluída para 2 cubetas, e em seguida, adicionados, 0,2 mL de solução de metabissulfito de potássio ($1,6\text{ mol.L}^{-1}$) na primeira e 0,2 mL de água destilada na segunda. Após 15 minutos de reação, absorbância das amostras foi medida a 420 nm (índice de escurecimento), 520 nm (máxima absorção) e a 700 nm (correção da turbidez) em espectrofotômetro (UV-mini 1240, Shimadzu), utilizando água destilada como branco. As determinações foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em percentual de cor polimérica (% cor polimérica).



Figura 7. Extrato alcóolico de antocianinas monoméricas obtidas a partir de polpas de acerola (lotes 01, 02 e 03) e caju (lotes 01, 02 e 03), respectivamente.



Figura 8. Diluição dos extratos de polpas de acerola (lotes 01, 02 e 03) e caju (lotes 01, 02 e 03), respectivamente, em tampão de pH 1,0 (cloreto de potássio 0,025 mol.L⁻¹).



Figura 9. Comparativo entre as diluições dos extratos de acerola em tampões de pH 1,0 (cloreto de potássio 0,025 mol.L⁻¹) e 4,5 (Acetato de sódio 0,4 mol.L⁻¹).



Figura 10. Comparativo entre as diluições dos extratos de caju em tampões de pH 1,0 (cloreto de potássio $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$) e 4,5 (Acetato de sódio $0,4 \text{ mol.L}^{-1}$).

4.8. Análise do teor de compostos fenólicos totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais dos extratos das frutas foi realizada de acordo com o método espectrofotométrico utilizando o reagente de *Folin-Ciocalteu* (SINGLETON *et al.*, 1999), seguindo o procedimento descrito por Thaipong *et al.* (2006). Os extratos foram obtidos a partir da mistura de 10 g de polpa de fruta com 30 mL de solução hidroalcoólica (etanol:água/95:5). A extração foi realizada sob agitação mecânica e ao abrigo da luz, por 20 minutos. Em seguida, os extratos foram filtrados em algodão, concentrados em rotaevaporador (6344B1 - Quimis) a 60°C até fase aquosa, acondicionados em frascos de vidro âmbar e armazenados em freezer a -18°C até a análise (ROESLER *et al.*, 2007).

A absorbância da amostra foi medida a 725 nm em espectrofotômetro (UV-mini 1240, Shimadzu), utilizando água destilada como branco. A curva de calibração foi preparada a partir das medidas de absorbância de soluções de ácido gálico nas concentrações de 50 a $200 \mu\text{g.mL}^{-1}$, analisadas sob as mesmas condições dos extratos. As extrações e determinações foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em mg equivalentes ao ácido gálico. 100g^{-1} de polpa fresca ($\text{mg AG.}100\text{g}^{-1}$).

Diluições adicionais foram realizadas quando o valor de absorbância dos extratos ficou fora da faixa de linearidade da curva de calibração (THAIPONG *et al.*, 2006).

4.9. Avaliação da atividade antioxidante total

A obtenção dos extratos foi realizada conforme o procedimento anteriormente descrito para a extração dos fenólicos totais. A partir dos extratos da polpa de acerola foram preparadas três diluições distintas, tanto para o método ABTS (3.333,00; 6.666,00; 10.000,00 mg.L⁻¹), como para o FRAP (1.666,00; 3.333,00; 5.000,00 mg.L⁻¹). Procedeu-se da mesma forma com os extratos da polpa de caju, utilizando diluições diferenciadas para a metodologia ABTS (13.333,000; 26.666,000; 40.000,00 mg.L⁻¹) e FRAP (3.333,00; 6.666,00; 10.000,00 mg.L⁻¹).

A atividade antioxidante pelo método ABTS foi realizada conforme a metodologia descrita por Miller *et al.* (1993) modificada por Rufino *et al.* (2010). As absorbâncias foram lidas a 734 nm, utilizando o etanol como branco. Como referência, utilizou-se Trolox nas concentrações de 100 a 2000 µmol.L⁻¹. As determinações foram realizadas em triplicatas genuínas e os resultados da atividade antioxidante foram expressos em µmol de Trolox.g⁻¹ de polpa fresca.

A avaliação da capacidade antioxidante pelo método FRAP seguiu a metodologia descrita por Benzie & Strain (1996) modificado por Rufino *et al.* (2010). As absorbâncias foram verificadas a 595 nm, usando o reagente FRAP como branco. As extrações e determinações foram realizadas em triplicatas e os resultados da atividade antioxidante foram expressos em µmol de sulfato ferroso.g⁻¹ de polpa fresca.

4.10. Identificação e quantificação de ácidos fenólicos por CLUR-DAD

A extração dos ácidos fenólicos das polpas de frutas foi realizada de acordo a metodologia descrita por Rockenbach *et al.* (2008), obtendo-se três frações de extratos: ácidos fenólicos livres (AFL), ácidos fenólicos de ésteres solúveis (AFES) e ácidos fenólicos de ligantes insolúveis (AFEI). Para obtenção dos extratos, as amostras foram previamente liofilizadas e, em seguida, submetidas ao fracionamento.

Ácidos fenólicos livres (AFL): 1,0 g da amostra liofilizada foi submetido à extração com 6 volumes de 20 mL de éter etílico e homogeneizado por um minuto. O sobrenadante obtido de cada extração foi filtrado e desidratado em sulfato de sódio anidro sob proteção da luz. Ao final de todas as extrações, o extrato foi concentrado,

sob evaporação rotativa a vácuo, à temperatura de 38°C e os ácidos fenólicos livres ressuspenso em 5 mL de metanol e armazenados em frasco âmbar, em freezer a -18°C.

Ácidos fenólicos esterificados solúveis (AFES): o resíduo obtido na etapa anterior foi submetido a uma nova extração com 6 volumes de 20 mL de uma solução de metanol:acetona:água (7:7:6), e homogeneizado por cinco minutos. A cada extração, o sobrenadante foi filtrado e desidratado em sulfato de sódio anidro sob proteção da luz. Finalizada a extração, o filtrado foi concentrado em rota-evaporador sob vácuo a 60°C, até a fase aquosa. Com o objetivo de liberar estéreis solúveis esterificados com proteínas ou polipeptídios foi adicionado à fase aquosa o mesmo volume de solução de hidróxido de sódio (4 mol.L⁻¹). A hidrólise foi mantida por 4 horas, sob agitação e proteção da luz, à temperatura ambiente. Em seguida, o pH da solução foi ajustado para 2,0 (± 0,1) com solução de ácido clorídrico (6 mol.L⁻¹). A solução resultante foi medida e transferida para um funil de separação, onde foi submetida à 5 lavagens com volume igual de hexano, para eliminação de ácidos graxos livres e outros contaminantes (glicosídeos) presentes na fase superior, sendo esta desprezada a cada extração. Novamente, o volume foi medido e nova extração realizada com uma solução de éter etílico:acetato de etila (1:1) por cinco vezes. A cada extração, o conteúdo da fase superior foi filtrado e desidratado em sulfato de sódio anidro sob proteção da luz. O solvente da fração resultante foi evaporado em rota-evaporador a 38°C e, os ácidos fenólicos esterificados solúveis ressuspenso em 5 mL de metanol e armazenados em frasco de vidro âmbar em freezer a -18°C.

Ácidos fenólicos esterificados insolúveis (AFEI): o resíduo proveniente da extração dos ácidos fenólicos esterificados solúveis foi hidrolisado com 15 mL de solução de hidróxido de sódio (4 mol.L⁻¹) por 4 horas, à temperatura ambiente e protegido da luz. Em seguida, o pH da solução foi ajustado para 2,0 (±0,1) com solução de ácido clorídrico (6 mol.L⁻¹). A partir desta etapa, foi realizado o mesmo procedimento utilizado para obtenção dos ácidos fenólicos esterificados solúveis.

Para identificação foi utilizado um cromatógrafo líquido ultra rápido (Shimadzu) equipado com degaseificador (DGU-20A3), bomba (LC-20AD), autoinjeter (SIL - 20AHT), detector (SPD - M20A), módulo (CBM - 20A), forno (CTO-20A) e um sistema de software (Shimadzu LC-Solution) para a aquisição de dados. Para a separação dos ácidos fenólicos, foi utilizada coluna de fase reversa SHIM-PAK XR -

ODS C18 e um sistema de solventes constituído pelas fases móveis: (A) água acidificada com 0,025% ácido trifluoracético (TFA) e (B) acetonitrila grau HPLC. O gradiente de eluição estabelecido foi: 5% solvente B por 0,8 minuto, 5-10% solvente B por 0,4 minuto, 10% solvente B por 0,7 minuto, 10-15% solvente B por 1,3 minutos, 15-21% solvente B por 0,3 minuto, 21% solvente B por 1,2 minutos, 21-27% solvente B por 0,5 minuto, 27-50% solvente B por 2,3 minutos, 50-100% solvente B por 1 minuto e 100-5% solvente B por 0,5 minuto. Ao final desta sequência, a coluna foi equilibrada às condições iniciais por 2,5 minutos. O volume de injeção foi de 2 μL , o fluxo de 0,5 mL/minutos e a temperatura do forno mantida a 40°C. O detector UV/Vis foi monitorado a 254, 280 e 325 nm e o espectro de absorção gravado na faixa de comprimento de onda de 200 a 600 nm. Os ácidos fenólicos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção e espectros de absorção de padrões de ácidos fenólicos e por comparação com a literatura (GRUZ *et al.*, 2008; MIRA *et al.*, 2008).

As curvas de calibração foram preparadas a partir das medidas de área das diluições da solução padrão dos ácidos fenólicos (gálico, protocatecúico, vanílico, caféico, *p*-cumárico e ferúlico) analisadas sob as mesmas condições cromatográficas dos extratos. A concentração da primeira diluição foi de 2 mg do padrão de ácido fenólico. mL^{-1} de água deionizada e/ou acetonitrila. As demais diluições que geraram os 08 pontos da curva de calibração foram preparadas a partir da diluição anterior (proporção 1:1), dentro de um intervalo de 0,00039 a 0,2 mg. mL^{-1} . Os resultados foram expressos em mg de ácido fenólico. 100g^{-1} de polpa liofilizada.

4.11. Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o programa estatístico ASSISTAT 7.5 (Software livre), aplicando a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey. O nível de significância considerado para a diferença entre as médias foi de 5% ($P < 0,05$). Usando o teste *t*, foi determinada a contribuição dos compostos bioativos à atividade antioxidante, calculando o coeficiente de correlação de *Pearson* aos níveis de 1% ($P < 0,01$) e 5% ($P < 0,05$) de probabilidade.

5. Resultados e Discussão

5.1. Caracterização física das frutas

As características físicas referentes aos lotes de frutas utilizados para obtenção das polpas estudadas são apresentadas na Tabela 7 (acerola) e Tabela 8 (caju), onde constam as médias, obtidas a partir de medições realizadas em 10 unidades de fruta por lote, seguidas de desvio padrão para cada variável mensurada.

A massa média das frutas oriundas dos diferentes lotes variou de 8,62 a 13,06 g para a acerola e de 101,04 a 172,74 g para o caju. Enquanto o comprimento apresentou variação de 8,43 a 12,89 mm para a acerola e 63,28 a 68,31 mm para o caju. Quanto ao diâmetro, a acerola foi avaliada na parte central obtendo-se valores de 12,83 a 16,93 mm; o caju foi avaliado na parte basal e apical, apresentando valores de 37,81 a 45,60 mm e de 22,32 a 31,11 mm, respectivamente. Apesar de tratar-se de características físicas inerentes aos cultivares, a massa e o tamanho são utilizados como atributos de qualidade na seleção e classificação das frutas (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Quanto às características físicas, a acerola pode apresentar-se na forma de frutos arredondados, ovalados ou mesmo cônicos (GONZAGA NETO & SOARES, 1994). O tamanho dos frutos pode variar de 10 a 25 mm, o diâmetro de 10 a 40 cm e a massa de 2,0 a 15 g (ALVES & MENEZES, 1995). Esta afirmação foi confirmada por resultados obtidos em diversos estudos (FRANÇA & NARAIN, 2003; MOURA *et al.* 2002; NUNES *et al.*, 2002; GOMES *et al.*, 2000; GONZAGA NETO *et al.*, 1999), bem como, pelos dados apresentados neste trabalho (Tabela 7).

Ante aos valores de massa referente aos lotes de caju, observou-se que a massa do pseudofruto está relacionada linearmente com o seu grau de desenvolvimento e/ou maturação exceto no estágio em que o fruto se encontra em estágio avançado de maturação. O aumento gradativo do peso durante o desenvolvimento do pseudofruto ocorre devido à maior quantidade de compostos fotoassimilados, açúcares e carboidratos acumulados (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

As características físicas, como coloração, peso, forma e firmeza, são de fundamental importância para uma boa aceitação do produto por parte do consumidor. Com a grande variabilidade genética existente, faz-se necessário selecionar frutos que atendam as exigências de comercialização e industrialização; nesta etapa de seleção, os atributos qualitativos são mais importantes que os quantitativos (PAIVA *et al.*, 1998).

Tabela 7. Características físicas dos frutos de acerola.

Características	Lote 01	Lote 02	Lote 03
Massa (g)	8,62 ± 1,06	9,68 ± 1,21	13,06 ± 1,08
Firmeza (N)	14,19 ± 2,04	16,36 ± 1,01	12,12 ± 3,43
Comprimento (mm)	12,89 ± 0,87	8,43 ± 0,88	10,40 ± 1,22
Diâmetro central (mm)	12,83 ± 1,58	13,20 ± 1,31	16,93 ± 1,03
Cromáticas	a*	36,33 ± 3,75	35,17 ± 4,43
	b*	29,04 ± 3,97	23,43 ± 2,40
	°Hue (h)	38,56 ± 2,47	33,72 ± 2,22
	Croma (C)	46,55 ± 5,09	42,29 ± 4,78
	Luminosidade (L)	29,20 ± 5,59	28,13 ± 3,19

Média ± desvio padrão, n=10.

Tabela 8. Características físicas dos pseudofrutos de caju.

Características	Lote 01	Lote 02	Lote 03
Massa (g)	101,04 ± 16,04	172,74 ± 17,18	154,10 ± 16,57
Firmeza (N)	19,18 ± 4,27	10,84 ± 2,69	8,24 ± 0,92
Comprimento (mm)	65,54 ± 3,70	68,31 ± 4,32	63,28 ± 5,34
Diâmetro basal (mm)	37,81 ± 2,24	45,60 ± 2,12	41,45 ± 3,47
Diâmetro apical (mm)	22,32 ± 2,39	31,11 ± 3,51	29,09 ± 3,51
Cromáticos	a*	13,75 ± 1,21	36,65 ± 2,44
	b*	48,43 ± 3,83	29,35 ± 4,47
	°Hue (h)	74,03 ± 1,87	38,50 ± 3,96
	Croma (C)	50,37 ± 3,70	47,06 ± 3,86
	Luminosidade (L)	48,52 ± 2,71	33,61 ± 4,51

Média ± desvio padrão, n=10.

Avaliando a massa apresentada por pseudofrutos de caju, Moura *et al.* (2001) obtiveram valores médios variando de 91,72 a 150,82g. Em estudos realizados com diferentes clones de cajueiro anão precoce por Moura (1998), Pinto (1999) e Gomes *et al.* (2006), a massa do caju variou de 65,01 a 145,74g; 80,27 a 145,68g e 74,97 a 154,21g, respectivamente. Paiva *et al.* (1998) citam que os consumidores preferem os pedúnculos com massas variando de 100 a 140g. De acordo com Filgueiras (2002), a classificação é feita com base no número de caju por bandeja, que usualmente varia de 4 a 8, correspondendo a uma massa de 500 a 600 g.

A firmeza das frutas diferiu entre os lotes avaliados, apresentando baixa variação entre os lotes de acerola (12,12 a 16,36 N) e maior variação entre os lotes de caju que eram constituídos por frutas estádios de maturação diferentes, decrescendo linearmente ao avanço da maturação dos pseudofrutos, apresentando os seguintes valores: 19,18 N (lote 1 – frutas verdes), 10,84 N (lote 02 – frutas maduras) e 8,24 N (lote 03 – frutas em estágio de maturação avançado). Consequentemente, as frutas do lote 03 apresentarão uma menor vida útil pós-colheita, devido a menor resistência que possuem contra danos físicos e/ou mecânicos.

Um atributo de qualidade limitante para a aceitação de produtos frutícolas é a firmeza, sendo também um dos principais indicadores de avaliação do estágio de maturação e da vida útil pós-colheita do fruto. Essa característica está associada não só a composição e estrutura das paredes celulares, como também, com a manutenção de sua integridade (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Segundo Abbot & Harker (2002), o termo firmeza engloba propriedades estruturais e mecânicas perceptíveis através do tato, seja pela mão ou pela boca. Para Szczesniak (2002), essas manifestações sensoriais e funcionais são percebidas não só através do tato, mas também da visão e audição. Alguns dos termos incluídos no contexto da palavra textura como uma característica sensorial em frutas e hortaliças, segundo Chitarra & Alves (2001), são firmeza, maciez, fibrosidade, suculência e amolecimento, sendo atualmente, denominadas usualmente de firmeza.

Outro atributo físico dos alimentos de extrema importância é a cor, pois é a característica de qualidade mais atrativa para o consumidor. As cores das frutas se devem aos três pigmentos naturais que ocorrem nos vegetais: a clorofila, os carotenóides e as antocianinas; e a variação da cor entre as cultivares dar-se devido às

diferenças das concentrações desses pigmentos. Nas frutas, a mudança da cor é associada ao amadurecimento, e representa um atributo padrão, assim como a firmeza, para a determinação da qualidade comestível, sendo ambos usados, como indicadores de estágio de maturação. Evidencia-se uma queda acentuada no teor de clorofila, paralelo a um aumento gradual nos teores de carotenóides e antocianinas totais durante o desenvolvimento e maturação. O acúmulo destes pigmentos nos estádios finais de maturação proporciona uma aparência atrativa, característica do fruto maduro (SOUZA, 2007; CHITARRA & CHITARRA, 2005; MOURA, 2004; FIGUEIREDO, 2000).

A determinação da cor em alimentos é realizada através do colorímetro, onde são considerados parâmetros como: claridade ou brilho representado pela luminosidade (L), ângulo Hue ($^{\circ}$ Hue) e cromaticidade ou intensidade de cor (C) (COCOZZA, 2003).

A luminosidade ou brilho varia de 0 (preto) a 100 (branco). As amostras que possuem brilho superficial elevado são consideradas com valor próximo a 100. Quanto à luminosidade, os frutos da aceroleira apresentaram variação entre 26,68 a 29,20. Enquanto nos pseudofrutos do cajueiro a variação foi de 31,00 a 48,52, com os valores inversamente proporcionais ao estágio de maturação. As frutas que apresentaram menores valores de luminosidade foram as que apresentaram coloração mais avermelhada, possuindo, conseqüentemente, menos brilho.

A cromaticidade representa a saturação da cor, ou seja, a sua intensidade (SOUZA, 2007). A acerola apresentou valores e croma que variaram de 38,52 a 46,55; enquanto o caju apresentou variação de 38,92 a 50,37. As frutas que apresentaram os maiores valores de cromaticidade, mostraram também, os maiores valores de luminosidade, sendo, portanto, diretamente proporcionais.

Os valores de ângulo Hue variam de 0° a 360° . Para o caju da variedade vermelha, que tende do amarelo ao vermelho durante o processo de maturação, esse ângulo oscila de 0° a 90° . Os valores mais próximos de 0° apresentam coloração tendendo ao vermelho e os valores próximos de 90° possuem coloração amarelada, aqueles situados na região intermediária (45°) apresentam coloração alaranjada (WAIT & JAMIELSON, 1986). Essa afirmação foi comprovada pelos dados obtidos neste trabalho (tabela 8). A acerola, fruto que tem como característica, a coloração vermelha intensa, geralmente, apresenta baixos valores para este parâmetro, neste estudo, a variação observada entre os lotes de acerola, em estado de maturação semelhante, foi de 33,64 a 38,56.

5.2. Caracterização físico-química das polpas de frutas

Após a caracterização física das frutas, as polpas extraídas destas, foram submetidas à avaliação de suas características físicas, físico-químicas e químicas, tanto na forma *in natura*, como pasteurizada pelos métodos, rápido e lento. Desta forma, foram verificados os efeitos do tratamento térmico sobre a polpa obtida a partir de frutos de acerola e pseudofrutos de caju.

5.2.1. Atributos cromáticos

Os atributos cromáticos das polpas de frutas foram avaliados a partir dos parâmetros: luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue. Os dados obtidos para as polpas *in natura* e pasteurizadas (método rápido e lento) obtidas dos diferentes lotes de acerola e caju são apresentados na Tabela 9 a Tabela 14.

Quanto à luminosidade, foi observado um aumento significativo ($p > 0,05$) nos valores referentes às polpas pasteurizadas, quando comparadas às polpas *in natura*, para ambas as frutas. Para as polpas de acerola, pasteurizadas pelos dois tipos de tratamentos, não foi observada diferença significativa quanto ao efeito sofrido neste parâmetro. No entanto, as polpas pasteurizadas pelo método lento, referentes aos três lotes, apresentaram os menores valores. As polpas pasteurizadas de caju, referentes aos lotes 01 e 02, apresentaram o mesmo comportamento das polpas de acerola, exceto o lote 03, que apresentou maior valor de luminosidade para a polpa pasteurizada pelo método lento, quando comparada à polpa pasteurizada pelo método rápido, entretanto, a diferença não foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Como a luminosidade ou brilho varia de 0 (preto) a 100 (branco), conclui-se que o tratamento térmico, proporcionou um aumento significativo no brilho apresentado pelas polpas de ambas as frutas, tornando-as mais atrativas ao consumidor, quanto a este parâmetro.

Em relação à cromaticidade, as polpas pasteurizadas de acerola não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparada as polpas *in natura*. As polpas pasteurizadas de caju apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) para todos os lotes estudados, sendo que, para as polpas de caju, a pasteurização rápida provocou redução de 28,51% (lote 01), 31,08% (lote 02) e 44,12% (lote 03) e a lenta de 35,51% (lote 01), 26,50% (lote 02) e 32,18% (lote 03). Como a cromaticidade está relacionada com a saturação da cor, o tratamento térmico provocou uma redução na intensidade da

coloração apresentada pelas polpas de caju, tornando-as menos atrativas ao consumidor, em relação a este parâmetro.

Os valores de ângulo Hue das polpas pasteurizadas de acerola e caju apresentaram aumento significativo ($p>0,05$) quando comparada as polpas *in natura* de todos os lotes. Esses valores podem variar 0° a 360° , sendo que, de acordo com a coloração característica das polpas estudadas será considerada a escala de 0° (vermelha) a 90° (amarela). Para as polpas de acerola, o aumento verificado indica que ambos os tratamentos térmicos, provocaram um clareamento na coloração das polpas (Figura 11); enquanto para as polpas de caju, o aumento obtido proporcionou um escurecimento na coloração das polpas (Figura 12). Esse comportamento pode ser explicado pelas coordenadas cromáticas (a^* e b^*). A coordenada “ a^* ” representa as tonalidades que vão do vermelho (positivo) ao verde (negativo). A coordenada “ b^* ” representa as cores que tendem do amarelo (positivo) ao azul (negativo). Como as polpas de caju pasteurizadas apresentaram valores para a coordenada a^* negativos, indica que a tonalidade azul começou a ser refletida, caracterizando o escurecimento da polpa.



Figura 11. Demonstração das polpas de acerola *in natura* (A) e pasteurizadas pelo método rápido (B) e lento (C).



Figura 12. Demonstração das polpas de caju *in natura* (D) e pasteurizadas pelo método rápido (E) e lento (F).

Tabela 9. Parâmetros cromáticos da polpa de acerola, referente ao lote 01, *in natura* e pasteurizada - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Parâmetros	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
a*	15,57 ± 3,67 ^a	8,20 ± 0,00 ^b	7,63 ± 0,06 ^b
b*	24,87 ± 3,72 ^a	23,73 ± 0,25 ^a	20,97 ± 0,21 ^a
°Hue (h)	58,17 ± 2,83 ^b	70,90 ± 0,17 ^a	70,00 ± 0,10 ^a
Croma (C)	29,36 ± 5,00 ^a	25,11 ± 0,24 ^a	22,31 ± 0,21 ^a
Luminosidade (L)	20,67 ± 1,70 ^b	36,20 ± 0,26 ^a	35,47 ± 0,15 ^a

Média ± desvio padrão, n=3.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 10. Parâmetros cromáticos da polpa de acerola, referente ao lote 02, *in natura* e pasteurizada - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Parâmetros	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
a*	15,10 ± 2,09 ^a	14,53 ± 0,38 ^a	13,07 ± 0,23 ^a
b*	24,97 ± 2,38 ^a	27,03 ± 0,65 ^a	25,93 ± 0,15 ^a
°Hue (h)	58,93 ± 1,37 ^b	61,77 ± 0,42 ^a	63,27 ± 0,31 ^a
Croma (C)	29,18 ± 3,09 ^a	30,69 ± 0,72 ^a	29,04 ± 0,23 ^a
Luminosidade (L)	20,90 ± 4,40 ^b	37,90 ± 0,50 ^a	37,67 ± 0,21 ^a

Média ± desvio padrão, n=3.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 11. Parâmetros cromáticos da polpa de acerola, referente ao lote 03, *in natura* e pasteurizada - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Parâmetros	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
a*	12,57 ± 1,85 ^a	10,27 ± 0,35 ^a	6,87 ± 0,23 ^b
b*	24,97 ± 1,02 ^b	27,80 ± 0,70 ^a	20,77 ± 0,40 ^c
°Hue (h)	63,33 ± 2,70 ^b	69,70 ± 0,17 ^a	71,77 ± 0,35 ^a
Croma (C)	27,97 ± 1,65 ^a	29,64 ± 0,77 ^a	21,87 ± 0,44 ^a
Luminosidade (L)	20,70 ± 2,62 ^c	39,97 ± 0,80 ^a	35,27 ± 0,25 ^b

Média ± desvio padrão, n=3.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 12. Parâmetros cromáticos da polpa de caju, referente ao lote 01, *in natura* e pasteurizada - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Parâmetros	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
a*	1,83 ± 0,23 ^b	-1,70 ± 0,20 ^a	-1,83 ± 0,06 ^a
b*	22,80 ± 2,17 ^a	16,27 ± 0,64 ^b	14,63 ± 0,06 ^b
°Hue (h)	85,47 ± 0,70 ^b	95,77 ± 0,74 ^a	97,03 ± 0,25 ^a
Croma (C)	22,87 ± 2,16 ^a	16,35 ± 0,64 ^b	14,75 ± 0,05 ^b
Luminosidade (L)	24,93 ± 1,08 ^b	53,07 ± 1,69 ^a	50,23 ± 0,31 ^a

Média ± desvio padrão, n=3.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 13. Parâmetros cromáticos da polpa de caju, referente ao lote 02, *in natura* e pasteurizada - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Parâmetros	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
a*	2,80 ± 0,20 ^c	-1,10 ± 0,10 ^a	-0,43 ± 0,12 ^b
b*	27,43 ± 1,21 ^a	18,97 ± 0,40 ^b	20,27 ± 0,32 ^b
°Hue (h)	84,17 ± 0,42 ^c	93,30 ± 0,36 ^a	91,13 ± 0,38 ^b
Croma (C)	27,58 ± 1,21 ^a	19,00 ± 0,40 ^b	20,27 ± 0,32 ^b
Luminosidade (L)	33,37 ± 3,06 ^b	49,87 ± 1,00 ^a	49,67 ± 0,60 ^a

Média ± desvio padrão, n=3.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 14. Parâmetros cromáticos da polpa de caju, referente ao lote 03, *in natura* e pasteurizada - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Parâmetros	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
a*	1,87 ± 0,35 ^b	-1,30 ± 0,10 ^a	-1,50 ± 0,00 ^a
b*	25,63 ± 1,04 ^a	14,30 ± 0,79 ^c	17,37 ± 0,12 ^b
°Hue (h)	85,83 ± 0,95 ^b	95,90 ± 0,96 ^a	94,90 ± 0,10 ^a
Croma (C)	25,70 ± 1,01 ^a	14,36 ± 0,80 ^c	17,43 ± 0,12 ^b
Luminosidade (L)	32,50 ± 3,48 ^b	46,90 ± 2,72 ^a	50,13 ± 0,55 ^a

Média ± desvio padrão, n=3.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

5.2.1. Teor de umidade

A umidade das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, é apresentada na Tabela 15. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 93,02 a 93,36 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 92,54 a 92,81 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 92,81 a 93,03 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, o teor de umidade das polpas pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, apresentou redução; no entanto, apenas a redução apresentada pelas polpas dos lotes 01 e 03 foi significativa (p>0,05).

O teor de umidade apresentado pelas polpas de acerola *in natura* é semelhante ao valor apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para polpa de acerola de 94,00 mg.100g⁻¹ (TACO, 2006) e os valores encontrados por França & Narain (2003), que obtiveram teor médio de umidade dentro da faixa de 91,97 a 92,88 mg.100g⁻¹, bem como, aos observados por Pimentel *et al.* (2001) e Soares *et al.* (2001), de 91,24% e 89,82 mg.100g⁻¹, respectivamente.

Os teores de água das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 16. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 90,30 a 90,70 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 88,23 a 88,82 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 89,06 a 89,85 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, os teores de umidade das polpas pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, apresentaram redução significativa (p>0,05). Sendo mais expressivos àqueles verificados nas polpas pasteurizadas pelo método rápido, onde foi aplicado uma temperatura mais elevada (88 °C).

Os teores de umidade apresentados pelas polpas de caju *in natura* são iguais ao valor apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para polpa de caju de 90,00 mg.100g⁻¹ (TACO, 2006).

Conforme os dados apresentados, as polpas de frutas constituem um alimento de elevado teor de umidade, fato que compromete a sua estabilidade como produto alimentício. O congelamento é o método de conservação mais utilizado para polpa de frutas, visando à manutenção da sua qualidade. Este método apresenta como vantagens o fato de não alterar o sabor original ou o valor nutritivo dos alimentos. Por outro lado, a não eliminação dos microrganismos, enzimas e toxinas produzidas constituem

desvantagens do método, podendo ocasionar a deterioração mais rápida, tanto no aroma como na aparência geral do alimento (FRANCO & LANDGRAF, 2005).

Independente da forma de obtenção ou industrialização, todos os alimentos, apresentam água em sua constituição. Geralmente a umidade representa a água contida no alimento, que pode ser classificada em: umidade de superfície, que se refere à água livre ou presente na superfície externa do alimento, facilmente evaporada e a umidade adsorvida, referente à água ligada, encontrada no interior do alimento, sem combinar-se quimicamente com o mesmo. A umidade corresponde à perda em massa sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida. A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição (CHITARRA & CHITARRA, 2005; INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

Tabela 15. Teor de umidade (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$93,12 \pm 0,07^a$	$92,54 \pm 0,04^c$	$92,81 \pm 0,01^b$
Lote 02	$93,02 \pm 0,12^a$	$92,76 \pm 0,13^a$	$92,93 \pm 0,05^a$
Lote 03	$93,36 \pm 0,07^a$	$92,81 \pm 0,04^c$	$93,03 \pm 0,03^b$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 16. Teor de umidade (mg.100g^{-1}) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$90,68 \pm 0,02^a$	$88,23 \pm 0,06^c$	$89,85 \pm 0,04^b$
Lote 02	$90,30 \pm 0,20^a$	$88,43 \pm 0,08^c$	$89,06 \pm 0,05^b$
Lote 03	$90,70 \pm 0,02^a$	$88,82 \pm 0,05^c$	$89,28 \pm 0,06^b$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

5.2.1. Teor de carboidratos

Os teores de carboidratos das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 17. A variação entre as polpas *in natura* foi de 5,19 a 5,60 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 5,70 a 5,83 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 5,32 a 5,50 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, o teor de carboidratos das polpas pasteurizadas pelo método rápido apresentou aumento; no entanto, apenas o aumento apresentado pelas polpas dos lotes 01 e 03 foi significativo (p>0,05). Nas polpas pasteurizadas pelo método lento, foi observada redução não significativa (p<0,05) na polpa referente ao lote 02 e aumento significativo (p>0,05) nos lotes 01 e 03.

Os teores de carboidratos encontrados para as polpas de acerola *in natura* estão dentro dos padrões estabelecidos para este parâmetro pela legislação (açúcares totais naturais da fruta) – mínimo 4,00 mg.100g⁻¹ (BRASIL, 2000), semelhantes aos encontrados por Soares *et al.* (2001) - 5,49 mg.100g⁻¹ de açúcares redutores; mas, superiores a faixa de variação obtida por França & Narain (2003) – 4,19 a 4,61 mg.100g⁻¹ e Pimentel *et al.* (2001) – 3,57 mg.100g⁻¹ de açúcares totais.

Os teores de carboidratos das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 18. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 8,28 a 8,60 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 10,17 a 10,70 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 9,19 a 9,86 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, os teores de carboidratos das polpas pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, apresentaram aumento significativo (p>0,05). Sendo mais expressivos àqueles verificados nas polpas pasteurizadas pelo método rápido. A temperatura elevada (88°C) pode ter favorecido a degradação de substâncias termossensíveis que formam complexos com os açúcares, como os compostos fenólicos, favorecendo a sua liberação e aumento em seus teores (HOLLMAN & KATAN, 1999).

Os teores de carboidratos encontrados para as polpas de caju *in natura* estão dentro dos padrões estabelecidos para este parâmetro pela legislação (açúcares totais naturais da fruta) – máximo 15,00 mg.100g⁻¹ (BRASIL, 2000), semelhantes à faixa de variação obtida por Maia *et al.* (2004) – 8,55 a 9,67 mg.100g⁻¹ de açúcares totais e inferiores aos resultados apresentados por Moura (1998) – 9,24 a 11,71 mg.100g⁻¹ de

açúcares totais. No pedúnculo do cajueiro, os principais açúcares encontrados são: maltose, sacarose, glicose, frutose, celobiose e rafinose, sendo a glicose o principal açúcar presente, seguido da frutose. A concentração destes aumenta à medida que a fruta amadurece, sendo, este aumento, atribuído à hidrólise do amido acumulado durante o crescimento do pseudofruto na planta (FIGUEIREDO, 2000).

Os açúcares solúveis presentes nas frutas na forma livre ou combinada são responsáveis pela doçura, pelo flavor (por meio de balanço com os ácidos), pela cor atrativa (glicosídeos derivados de antocianidinas) e pela textura (quando combinados aos polissacarídeos estruturais). O teor de açúcares usualmente aumenta com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos. A principal transformação quantitativa que ocorre na maturação de frutas é a degradação de carboidratos, notadamente a conversão de amido em açúcares solúveis, gerando efeitos no sabor e na textura (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Tabela 17. Teor de carboidratos ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$5,29 \pm 0,05^c$	$5,83 \pm 0,07^a$	$5,50 \pm 0,08^b$
Lote 02	$5,60 \pm 0,19^a$	$5,79 \pm 0,13^a$	$5,48 \pm 0,10^a$
Lote 03	$5,19 \pm 0,06^b$	$5,70 \pm 0,06^a$	$5,32 \pm 0,13^b$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 18. Teor de carboidratos ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$8,33 \pm 0,01^c$	$10,70 \pm 0,10^a$	$9,19 \pm 0,07^b$
Lote 02	$8,60 \pm 0,02^c$	$10,48 \pm 0,03^a$	$9,86 \pm 0,08^b$
Lote 03	$8,28 \pm 0,10^c$	$10,17 \pm 0,07^a$	$9,69 \pm 0,04^b$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

5.2.1. Teor de cinzas

Os teores de cinzas das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 19. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 0,34 a 0,40 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 0,37 a 0,43 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 0,40 a 0,43 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, o teor de cinzas das polpas pasteurizadas pelo método rápido apresentou aumento nos lotes 01 e 03; no entanto, apenas o aumento apresentado pelo lote 03 foi significativo ($p>0,05$). Quanto às polpas pasteurizadas pelo método lento, observou-se aumento em todas as polpas, significativo ($p>0,05$) para os lotes 02 e 03.

O resíduo mineral contido nas polpas de acerola *in natura* é inferior ao valor encontrado por Soares *et al.* (2001) de 0,46 mg.100g⁻¹; superior ao teor apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para polpa de acerola de 0,30 mg.100g⁻¹ (TACO, 2006); mas, é similar a faixa apresentada por França & Narain (2003), que obtiveram teor médio de cinzas dentro da faixa de 0,33 a 0,37 mg.100g⁻¹.

Os teores de cinzas das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 20. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 0,29 a 0,33 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 0,29 a 0,34 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 0,31 a 0,33 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, o teor de cinzas das polpas pasteurizadas pelo método rápido a polpa referente ao lote 01 apresentou aumento significativo ($p>0,05$). Quanto às polpas pasteurizadas pelo método lento, não foram observadas alterações significativas.

O valor referente ao teor de cinzas apresentados pelas polpas de caju *in natura* são superiores ao valor apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para polpa de caju de 0,20 mg.100g⁻¹ (TACO, 2006). Mas, são iguais ao teor de cinzas apresentado pelo USDA (2004) de 0,33 mg.100g⁻¹.

A determinação de cinzas fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais, permitindo, em alguns casos, uma estimativa dos teores de cálcio (Ca) e fósforo (P) do alimento analisado. Todavia, quando se trata de produtos vegetais, o teor de cinzas tem relativamente pouco valor. Isto ocorre porque o resíduo mineral oriundo destes nos dá pouca informação sobre sua composição, uma vez que seus

componentes, em minerais, são muito variáveis. Alguns alimentos de origem vegetal apresentam alto teor de sílica, o que resulta em teor elevado de cinzas; entretanto, esse teor não apresenta nenhum valor nutritivo para o alimento (CASTRO NETO, 2003).

As cinzas em alimentos referem ao resíduo inorgânico remanescente da queima da matéria orgânica, sem resíduo de carvão. A composição das cinzas corresponde à quantidade de substâncias minerais presentes nos alimentos, devido às perdas por volatilização ou mesmo pela reação entre os componentes. As cinzas são consideradas como medida geral de qualidade e, frequentemente, é utilizada como critério na identificação dos alimentos. Nem sempre este resíduo representa toda a fração de substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem sofrer redução ou volatilização durante o aquecimento (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

Tabela 19. Teor de cinzas (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$0,40 \pm 0,01^a$	$0,43 \pm 0,01^a$	$0,43 \pm 0,02^a$
Lote 02	$0,37 \pm 0,01^b$	$0,37 \pm 0,01^b$	$0,40 \pm 0,02^a$
Lote 03	$0,34 \pm 0,01^b$	$0,39 \pm 0,00^a$	$0,40 \pm 0,02^a$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 20. Teor de cinzas (mg.100g^{-1}) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$0,31 \pm 0,02^b$	$0,34 \pm 0,00^a$	$0,32 \pm 0,01^{ab}$
Lote 02	$0,33 \pm 0,01^a$	$0,33 \pm 0,02^a$	$0,33 \pm 0,01^a$
Lote 03	$0,29 \pm 0,01^a$	$0,29 \pm 0,01^a$	$0,31 \pm 0,01^a$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

5.2.2. Extrato etéreo

A determinação de lipídios em alimentos é feita, na maioria dos casos, pela extração contínua com solventes orgânicos em aparelho do tipo *Soxhlet*, seguida da remoção por evaporação ou destilação do solvente empregado. O resíduo obtido não é constituído unicamente por lipídios, mas por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente utilizado. Estes conjuntos incluem os ácidos graxos livres, ésteres de ácidos graxos, as lecitinas, as ceras, os carotenóides, a clorofila, além dos esteróis, fosfatídios, óleos essenciais e as vitaminas A e D. Dependendo do tipo do alimento analisado, esses interferentes não representam diferença significativa no teor de lipídeos, pois estão presentes em baixa concentração. Nos produtos que apresentam concentrações relevantes destes compostos, a determinação terá a denominação mais adequada de extrato etéreo. Produtos ricos em açúcares, proteínas e umidade apresentam maior dificuldade para extração completa de lipídios (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

Os teores de extrato etéreo das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 21. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 0,26 a 0,27 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 0,26 a 0,28 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 0,30 a 0,31 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, o teor de extrato etéreo das polpas pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, não apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Os valores encontrados (0,26 a 0,27 mg.100g⁻¹) nas polpas de acerola *in natura* são similares aos encontrados por Soares *et al.* (2001) de 0,21 mg.100g⁻¹, mostrando que este produto se enquadra na natureza geral da maioria dos produtos vegetais que, com exceção das oleaginosas, é classificada como pobre nesse nutriente. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006) considera a polpa de acerola como produto isento de lipídeos.

Os teores de extrato etéreo das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 22. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 0,18 a 0,19 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 0,19 a 0,20 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 0,15 a 0,16 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, o teor de extrato etéreo das polpas

pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, não apresentou diferença significativa ($P < 0,05$).

A fração contida nas polpas de caju *in natura* é inferior ao valor encontrado por Maia *et al.* (2001) de $0,23 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Assim como a polpa de acerola, a polpa de caju se enquadra na natureza geral dos produtos de origem vegetal, apresentando baixos teores de lipídeos. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006) cita a presença de traços de lipídeos na polpa de caju.

Nos alimentos, os lipídios representam uma das maiores fontes de calorias (MCCANCE & WIDDOWSON'S, 1991). A crescente consciência mundial a respeito da importância da qualidade de vida, a necessidade de uma alimentação saudável e a mudança nos antigos hábitos de consumo tem valorizado de forma significativa os alimentos de origem vegetal, com destaque para as frutas (TACO, 2006).

Tabela 21. Teor de extrato etéreo ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$0,27 \pm 0,06^a$	$0,26 \pm 0,05^a$	$0,30 \pm 0,03^a$
Lote 02	$0,26 \pm 0,05^a$	$0,26 \pm 0,04^a$	$0,31 \pm 0,02^a$
Lote 03	$0,27 \pm 0,05^a$	$0,28 \pm 0,04^a$	$0,31 \pm 0,04^a$

Média \pm desvio padrão, $n=3$, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 22. Teor de extrato etéreo ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$0,18 \pm 0,03^a$	$0,19 \pm 0,04^a$	$0,16 \pm 0,03^a$
Lote 02	$0,19 \pm 0,02^a$	$0,20 \pm 0,02^a$	$0,15 \pm 0,02^a$
Lote 03	$0,19 \pm 0,03^a$	$0,20 \pm 0,02^a$	$0,15 \pm 0,02^a$

Média \pm desvio padrão, $n=3$, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

5.2.3. Teor de proteínas

A determinação de proteínas em alimentos baseia-se na determinação de nitrogênio, geralmente feita pelo processo de digestão *Kjeldahl*. Este método é baseado em três etapas: digestão, destilação e titulação. A matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio existente é, finalmente, transformado em amônia. Sendo o teor de nitrogênio das diferentes proteínas aproximadamente 16%, introduz-se o fator de conversão, de acordo com o alimento analisado, para transformar o número de gramas de nitrogênio encontrado em número de gramas de protídeos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005).

Os teores de proteínas das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 23. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 0,74 a 0,91 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 0,82 a 0,94 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 0,88 a 0,96 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, o teor de proteínas das polpas pasteurizadas pelo método rápido apresentou aumento, mas este não foi significativo (p<0,05) para nenhum dos lotes. Quanto às polpas pasteurizadas pelo método lento, observou-se aumento em todas as polpas, significativo (p>0,05) apenas para o lote 02.

O teor protéico das polpas de acerola *in natura* é superior aos valores médios obtidos por Nogueira (1991) de 0,62 – 0,76 mg.100g⁻¹, inferior ao determinado por Soares *et al.* (2001) de 1,27 mg.100g⁻¹ e ao valor apresentado na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos para polpa de acerola de 1,00% (TACO, 2006); mas, é similar ao apresentado por Ritter (1994) de 0,87 mg.100g⁻¹.

Os teores de proteínas das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 24. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 0,50 a 0,58 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 0,53 a 0,56 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 0,47 a 0,60 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, o teor de proteínas das polpas pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento não apresentou diferença estatística significativa (p<0,05).

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006) cita a presença de traços de proteínas na polpa de caju, sem especificar a quantidade.

As proteínas têm um papel fundamental no organismo humano, agindo na reparação e construção de tecidos. Nos alimentos, elas são fontes de aminoácidos. Os alimentos de alta qualidade protéica são essencialmente de origem animal, estes, apresentam todos os aminoácidos essenciais em quantidades e proporções ideais para atender às necessidades orgânicas; enquanto a maioria das proteínas vegetais, como as lentilhas, ervilhas, a soja e o feijão são incompletos em termos de aminoácidos balanceados e, portanto, possui um valor biológico relativamente menor. Entretanto, é válido ressaltar que, todos os aminoácidos essenciais podem ser obtidos diversificando o consumo de alimentos de origem vegetal, cada um dos quais com uma qualidade e quantidade diferentes de aminoácidos (MCCANCE & WIDDOWSON'S, 1991).

Tabela 23. Teor de proteínas ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$0,91 \pm 0,02^a$	$0,94 \pm 0,02^a$	$0,96 \pm 0,03^a$
Lote 02	$0,74 \pm 0,03^b$	$0,82 \pm 0,05^{ab}$	$0,88 \pm 0,04^a$
Lote 03	$0,82 \pm 0,01^a$	$0,83 \pm 0,09^a$	$0,95 \pm 0,06^a$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 24. Teor de proteínas ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$0,50 \pm 0,01^{ab}$	$0,54 \pm 0,01^a$	$0,47 \pm 0,04^b$
Lote 02	$0,58 \pm 0,02^a$	$0,56 \pm 0,05^a$	$0,60 \pm 0,01^a$
Lote 03	$0,54 \pm 0,04^a$	$0,53 \pm 0,04^a$	$0,57 \pm 0,01^a$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$).

5.2.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

As concentrações do pH das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentadas na Tabela 25. A variação observada entre as polpas *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, foi de 3,05 a 3,12. Em relação à polpa *in natura*, o pH das polpas pasteurizadas, por ambos os métodos, não apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

Os valores de pH encontrados para as polpas de acerola *in natura* estão dentro dos padrões estabelecidos para este parâmetro pela legislação vigente – mínimo 2,80 (BRASIL, 2000) e de acordo com a faixa de variação obtida em outros estudos - 2,58 a 3,91 (FRANÇA & NARAIN, 2003; MOURA *et al.* 2002; NUNES *et al.*, 2002; GOMES *et al.*, 2000; GONZAGA NETO *et al.*, 1999).

As concentrações do pH apresentadas pelas polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 26. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 4,00 a 4,44; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 3,98 a 4,39 e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 4,00 a 4,39. Em relação à polpa *in natura*, o teor de acidez das polpas pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, referente aos lotes 01 e 03 não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$), enquanto a polpa referente ao lote 02 apresentou redução significativa ($p > 0,05$). Sugere-se que essa redução no valor do pH apresentada pelo lote 02 (frutas maduras), seja uma consequência natural das reações que ocorrem na fase de maturação, na qual, se encontrava este lote. Assim como a acidez, com o amadurecimento, o pH das frutas diminui até atingir um teor que proporciona a fruta, junto com os açúcares, o seu sabor característico (FIGUEIREDO, 2000).

Os valores de pH encontrados para as polpas de caju *in natura*, inclusive aqueles em avançado estágio de maturação (lote 03), estão dentro dos padrões estabelecidos para este parâmetro pela legislação – máximo 4,60 (BRASIL, 2000) e de acordo com as faixas de valores encontradas por Moura (1998) – de 4,10 a 4,64 e Maia *et al.* (1971) – de 4,37 (caju verde) a 4,13 (caju maduro).

De acordo com Villachica *et al.* (1996), os frutos mais ácidos e os menos doces são empregados na fabricação de sorvetes, sucos, doces em massa e tortas, por implicar em menores custos à empresa, justificado pela não necessidade da adição de acidulantes para reduzir o pH quando superior a 4,5 facultativo ao crescimento de *Clostridium*

bolutium, bactéria patogênica causadora do botulismo. Em relação ao mercado de mesa justifica-se pelo sabor diferenciado do fruto (SOUZA, 2004).

O potencial hidrogeniônico (pH) associado com o índice de acidez total são os principais parâmetros usados para medir a acidez de frutos e hortaliças. Enquanto a acidez determina o percentual de ácidos orgânicos, o pH mede a concentração hidrogeniônica da solução, estando associado com o processo de amadurecimento dos frutos, podendo ser utilizado na determinação do ponto de colheita. A concentração de do pH é um fator de grande influência na qualidade e segurança dos alimentos. De um modo geral, fornece uma indicação do seu potencial de deterioração, atestado pela acidez desenvolvida (GAVA, 1999; GOMES, 1996; MENEZES & ALVES, 1995).

Tabela 25. Potencial hidrogeniônico (pH) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	3,11 ± 0,02 ^a	3,12 ± 0,01 ^a	3,11 ± 0,01 ^a
Lote 02	3,05 ± 0,01 ^a	3,05 ± 0,01 ^a	3,05 ± 0,01 ^a
Lote 03	3,12 ± 0,02 ^a	3,11 ± 0,01 ^a	3,12 ± 0,01 ^a

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 26. Potencial hidrogeniônico (pH) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	4,00 ± 0,01 ^a	3,98 ± 0,02 ^a	4,00 ± 0,00 ^a
Lote 02	4,44 ± 0,01 ^a	4,39 ± 0,01 ^b	4,39 ± 0,01 ^b
Lote 03	4,23 ± 0,01 ^a	4,24 ± 0,01 ^a	4,24 ± 0,01 ^a

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

5.2.2. Índice de acidez total

Os teores de acidez relativos às polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 27. O teor foi calculado e expresso em percentual de ácido cítrico, visto que, é o ácido orgânico majoritário neste fruto. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 1,50 a 1,56%; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 1,50 a 1,54% e pelo método lento foi de 1,61 a 1,63%. Em relação à polpa *in natura*, o teor de acidez das polpas pasteurizadas pelo método rápido não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$); entretanto, as polpas pasteurizadas pelo método lento apresentaram um aumento significativo ($p > 0,05$).

Os teores de acidez encontrados para as polpas de acerola *in natura* estão dentro dos padrões estabelecidos para este parâmetro pela legislação – mínimo 0,80% (BRASIL, 2000) e de acordo com a faixa de variação obtida em outros estudos - 0,53 a 2,27% (MOURA *et al.* 2002; NUNES *et al.*, 2002; GOMES *et al.*, 2000; GONZAGA NETO *et al.*, 1999). De acordo com Lima *et al.* (2002) e Pinto *et al.* (2003), as frutas que apresentam teor de acidez total acima de 1,00% em ácido cítrico despertam maior interesse para a agroindústria, tendo em vista não haver necessidade da adição de ácido cítrico para conservação do produto final.

O teor de acidez apresentado pelas polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 28. O teor de acidez foi calculado e expresso em percentual de ácido málico, visto que, é o ácido orgânico majoritário neste pseudofruto. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 0,27 a 0,38%; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 0,28 a 0,38% e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 0,31 a 0,35%. Em relação à polpa *in natura*, o teor de acidez das polpas pasteurizadas pelo método rápido referente aos lotes 01 e 02 não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$), enquanto a polpa referente ao lote 03 apresentou um aumento significativo ($p > 0,05$). Quanto às polpas pasteurizadas pelo método lento, foi observada redução na polpa referente ao lote 01 e um aumento nas polpas referentes aos lotes 01 e 02, ambos significativos ($p > 0,05$).

Com o amadurecimento, a acidez diminui até atingir um teor que proporciona a fruta, junto com os açúcares, o seu sabor característico (FIGUEIREDO, 2000). De acordo com Maia *et al.* (1971), a acidez do caju varia entre um máximo de 0,40% no início do desenvolvimento, para um mínimo de 0,27% em ácido málico, em pedúnculos

maduros. Esta diminuição também foi observada por Alves *et al.* (1999), cujos teores variaram de 0,40 a 0,21% para pedúnculos verdes e maduros, respectivamente.

A acidez em vegetais é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais de ésteres e glicosídeos. Os mais abundantes nas frutas são o cítrico e o málico, havendo ocorrência de outros, em menor escala, de acordo com a espécie vegetal (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O índice de acidez total é um dos principais métodos usados para medir a acidez de frutos, determinada pelo percentual de ácidos orgânicos (KRAMER, 1973). É usualmente calculada com base no principal ácido orgânico presente na fruta, com o resultado expresso em porcentagem de acidez titulável, que é determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Tabela 27. Índice de acidez (% ácido cítrico) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	1,56 ± 0,01 ^b	1,54 ± 0,02 ^b	1,61 ± 0,02 ^a
Lote 02	1,51 ± 0,01 ^b	1,50 ± 0,01 ^b	1,63 ± 0,02 ^a
Lote 03	1,50 ± 0,02 ^b	1,53 ± 0,05 ^b	1,61 ± 0,02 ^a

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 28. Índice de acidez (% ácido málico) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	0,38 ± 0,01 ^a	0,38 ± 0,00 ^a	0,35 ± 0,01 ^b
Lote 02	0,34 ± 0,01 ^b	0,35 ± 0,01 ^b	0,37 ± 0,01 ^a
Lote 03	0,27 ± 0,00 ^c	0,28 ± 0,00 ^b	0,31 ± 0,00 ^a

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

5.2.3. Teor de sólidos solúveis (°Brix)

Os teores de sólidos solúveis (°Brix) relativos às polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 29. O teor de sólidos solúveis foi corrigido em função do teor de acidez (% ácido cítrico) e da temperatura apresentada pela polpa durante a verificação deste parâmetro. A variação observada entre as polpas *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, foi de 8,63 a 8,81 °Brix. O tratamento térmico, por ambos os métodos, não provocou nenhuma alteração nos teores de sólidos solúveis.

Os teores de sólidos solúveis encontrados para as polpas de acerola *in natura* estão dentro dos padrões estabelecidos para este parâmetro pela legislação – mínimo 5,50 °Brix (BRASIL, 2000) e de acordo com a faixa de variação obtida em outros estudos – 3,76 a 14,10 °Brix (FRANÇA & NARAIN, 2003; MOURA *et al.* 2002; NUNES *et al.*, 2002; GOMES *et al.*, 2000; GONZAGA NETO *et al.*, 1999). Frutos produzidos em regiões tropicais tendem a apresentar maior teor de sólidos solúveis do que em outras regiões, por se desenvolverem em altas temperaturas e elevada intensidade luminosa, que reflete positivamente na fotossíntese (PANTASTICO, 1975).

As concentrações de sólidos solúveis (°Brix) relativa às polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentadas na Tabela 30. O teor de sólidos solúveis foi corrigido em função da temperatura apresentada pela polpa durante a verificação deste parâmetro. A variação observada entre as polpas *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, foi de 11,00 a 11,74 °Brix. O tratamento térmico, por ambos os métodos, não provocou alteração nos teores de sólidos solúveis.

Os teores de sólidos solúveis encontrados para as polpas de caju *in natura* estão dentro dos padrões estabelecidos para este parâmetro pela legislação – mínimo 10,00 °Brix (BRASIL, 2000) e de acordo com a faixa de variação obtida em outros estudos – 9,74 a 12,74°Brix (MAIA, 2004; MOURA, 2004; FIGUEIREDO, 2000).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), existe uma relação direta entre a quantidade de sólidos solúveis e a concentração de açúcares solúveis totais (AST). Dentre as frutas, o caju foi o que mais se destacou, por apresentar o maior teor de sólidos solúveis, ponto esse bastante importante para a indústria de processamento de sucos e polpas, devido ao maior rendimento obtido por frutos com altos teores de sólidos solúveis. A fruta também poderá ter boa aceitação para o consumo *in natura*, uma vez que a elevada

presença de sólidos solúveis mascara o sabor adstringente, não apreciado, prevalecendo, o sabor doce, que é mais agradável ao paladar do consumidor.

A determinação dos sólidos solúveis presentes no fruto normalmente é feita com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes nos frutos, embora, medidos através de refratômetro, incluam principalmente açúcares solúveis em água, além das pectinas, fenólicos, vitaminas, sais, ácidos, aminoácidos e algumas proteínas. Normalmente é expressa em °Brix, podendo-se converter em percentagem (HOBSON & GRIERSON, 1993). Os açúcares chegam a constituir de 85 a 90% dos sólidos solúveis, sendo variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima. As matérias-primas serão tanto melhores para a industrialização quanto maiores forem os seus teores de sólidos solúveis (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Tabela 29. Teor corrigido de sólidos solúveis (°Brix) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	8,63 ± 0,00 ^a	8,63 ± 0,00 ^a	8,63 ± 0,00 ^a
Lote 02	8,63 ± 0,00 ^a	8,63 ± 0,00 ^a	8,63 ± 0,00 ^a
Lote 03	8,81 ± 0,00 ^a	8,81 ± 0,00 ^a	8,81 ± 0,00 ^a

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 30. Teor corrigido de sólidos solúveis (°Brix) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	11,00 ± 0,00 ^a	11,00 ± 0,00 ^a	11,00 ± 0,00 ^a
Lote 02	11,74 ± 0,00 ^a	11,74 ± 0,00 ^a	11,74 ± 0,00 ^a
Lote 03	11,74 ± 0,00 ^a	11,74 ± 0,00 ^a	11,74 ± 0,00 ^a

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

5.2.4. *Ratio*

O *ratio* é a relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez total (SS/AT), representando o índice de palatabilidade, ou seja, o equilíbrio entre os sabores doce e ácido de um determinado material vegetal. Quanto maior for essa relação, maior será o grau de doçura. A relação SS/AT propicia a avaliação do sabor das frutas, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares e da acidez (PINTO *et al.*, 2003).

Os valores de *ratio* referente às polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 31. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 5,55 a 5,77; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 5,52 a 5,76 e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 5,40 a 5,49. Em relação à polpa *in natura*, o *ratio* das polpas pasteurizadas pelo método rápido apresentou aumento nas polpas referente aos lotes 01 e 02 e redução na polpa do lote 03; no entanto, essas alterações não foram significativas ($p < 0,05$). Quanto às polpas pasteurizadas pelo método lento, foi observada redução significativa ($p > 0,05$) apenas para os lotes, 02 e 03.

Os dados encontrados para as polpas de acerola *in natura* estão abaixo dos padrões estabelecidos pela legislação (considerando os padrões mínimos estabelecidos para os teores de sólidos solúveis e acidez total) – mínimo 6,88 (BRASIL, 2000). Os índices de acidez apresentados neste trabalho (1,50 a 1,56%) correspondem quase ao dobro do mínimo estabelecido pela legislação (0,80%), enquanto os teores de sólidos solúveis apenas a 36% a mais que o recomendado, vindo a gerar o baixo valor de *ratio*.

Os índices de palatabilidade referente às polpas de caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 32. A variação observada entre as polpas *in natura* foi de 29,19 a 41,35; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 30,96 a 41,64 e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 31,47 a 38,50. Em relação à polpa *in natura*, o *ratio* das polpas pasteurizadas pelo método rápido apresentou aumento sendo este significativo ($p > 0,05$) apenas para o lote 01. Quanto às polpas pasteurizadas pelo método lento, foi observado aumento significativo ($P > 0,05$) para o lote 01 e redução significativa ($p > 0,05$) para os lotes, 02 e 03. Essa diferença é um reflexo das alterações apresentadas pelo índice de acidez.

Apenas os valores de *ratio* encontrados para as polpas de caju *in natura* referentes ao lote 03 estão dentro dos padrões estabelecidos para este parâmetro pela legislação

(considerando os padrões mínimos estabelecidos para os teores de sólidos solúveis e acidez total) – mínimo 33,33 (BRASIL, 2000). Para o lote 01, o pseudofruto não estava em condições de maturação adequada para a industrialização, enquanto no lote 02, o caju apresentava índice de palatabilidade (32,19) bem próximo ao mínimo estabelecido (33,33). A tendência da redução da acidez total e o aumento dos sólidos solúveis com o avanço da maturação resultam no aumento da relação SS/AT, após completa expansão do fruto. O *ratio* é um importante atributo de qualidade, visto que constitui uma das formas mais usuais de se avaliar o destino do fruto seja como matéria-prima para a agroindústria ou para o consumo *in natura* (LIMA *et al.*, 2002).

Tabela 31. *Ratio* das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	5,55 ± 0,03 ^{ab}	5,62 ± 0,05 ^a	5,49 ± 0,06 ^b
Lote 02	5,72 ± 0,03 ^a	5,76 ± 0,04 ^a	5,40 ± 0,08 ^b
Lote 03	5,77 ± 0,06 ^a	5,52 ± 0,18 ^a	5,49 ± 0,05 ^a

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 32. *Ratio* das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	29,19 ± 0,45 ^c	30,96 ± 0,10 ^b	33,16 ± 1,09 ^a
Lote 02	32,19 ± 0,74 ^{ab}	33,87 ± 0,57 ^a	31,47 ± 0,99 ^b
Lote 03	41,35 ± 0,75 ^a	41,64 ± 0,61 ^a	38,50 ± 0,48 ^b

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

5.3. Antocianinas monoméricas e cor polimérica

A cor vermelha dos frutos maduros da aceroleira é decorrente da presença de antocianinas (LIMA *et al.*, 2003); no entanto, devido à ampla diversidade genética, esta fruteira, cultivada em diferentes Estados do Brasil, produz frutos cujas polpas apresentam considerável variação de cor (BRUNINI *et al.*, 2004; SEMENSATO & PEREIRA, 2000; GONZAGA NETO *et al.*, 1999). A intensidade da cor vermelha das antocianinas depende, dentre outros fatores, da estrutura, concentração do pigmento, do pH e da presença de copigmentos, como os polifenóis, ácidos orgânicos, aminoácidos, bem como das próprias antocianinas que podem, através da copigmentação, intensificar e estabilizar a cor desses compostos (MAZZA & MINIATI, 1993).

Os teores de antocianinas monoméricas e os percentuais de cor polimérica das polpas de acerola e caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, são apresentados na Tabela 33 a Tabela 36.

A variação observada para os teores de antocianinas monoméricas entre as polpas de acerola *in natura* foi de 5,47 a 7,12 mg.100g⁻¹; nas polpas pasteurizadas pelo método rápido foi de 2,96 a 4,78 mg.100g⁻¹ e nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi de 3,92 a 4,82 mg.100g⁻¹. Em relação à polpa *in natura*, os teores de antocianinas nas polpas pasteurizadas pelo método rápido apresentaram reduções de 46% (lote 01), 33% (lote 02) e 13% (lote 03); As polpas pasteurizadas pelo método lento apresentaram os seguintes índices de redução: 28% (lote 01), 33% (lote 02) e 24% (lote 03). Todas as reduções observadas foram significativos (p>0,05), comprovando a instabilidade deste pigmento quando submetido ao aquecimento (ESKIN, 1990).

Estes valores estão dentro da faixa de valores encontrada por Lima *et al.* (2007), que avaliando quantitativamente antocianinas em polpas de acerola obtiveram uma ampla faixa no teor desses pigmentos, variando de 6,4 a 64,6 mg.100g⁻¹; bem como, no intervalo apresentado por Musser *et al.* (2004) em frutos de acerola colhidos, nas safras Verão 2000/2001 com teores de 4,6 a 51,5 e 2,4 a 39,9 mg.100g⁻¹, respectivamente.

Nas polpas de caju, foram obtidos teores de antocianinas monoméricas que variaram de 1,10 a 2,20 mg.100g⁻¹ nas polpas *in natura*; de 0,00 a 1,10 mg.100g⁻¹ nas polpas pasteurizadas pelo método rápido e de 0,04 a 0,91 mg.100g⁻¹ nas polpas pasteurizadas pelo método lento. Em relação à polpa *in natura*, os teores de antocianinas nas polpas pasteurizadas pelo método rápido apresentaram reduções de 0%

(lote 01), 100% (lote 02) e 46% (lote 03); As polpas pasteurizadas pelo método lento apresentaram as seguintes reduções: 17% (lote 01), 98% (lote 02) e 51% (lote 03).

Tabela 33. Teor de antocianinas monoméricas (mg.100g⁻¹) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	5,47 ± 0,15 ^a	2,96 ± 0,11 ^c	3,92 ± 0,11 ^b
Lote 02	7,12 ± 0,05 ^a	4,78 ± 0,05 ^b	4,82 ± 0,03 ^b
Lote 03	6,19 ± 0,05 ^a	4,69 ± 0,08 ^c	5,40 ± 0,05 ^b

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 34. Percentual de cor polimérica nas polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	Densidade da cor	1,75 ± 0,00 ^a	1,56 ± 0,06 ^b	1,51 ± 0,07 ^b
	Cor polimérica	0,65 ± 0,02 ^a	0,37 ± 0,21 ^a	0,38 ± 0,06 ^a
	% Cor polimérica	37%	24%	25%
Lote 02	Densidade da cor	1,50 ± 0,04 ^a	1,44 ± 0,07 ^a	1,44 ± 0,07 ^a
	Cor polimérica	0,91 ± 0,05 ^a	0,42 ± 0,06 ^b	0,48 ± 0,07 ^b
	% Cor polimérica	61%	30%	33%
Lote 03	Densidade da cor	1,81 ± 0,01 ^a	1,68 ± 0,07 ^a	1,55 ± 0,06 ^b
	Cor polimérica	0,73 ± 0,02 ^a	0,51 ± 0,07 ^b	0,43 ± 0,07 ^b
	% Cor polimérica	41%	30%	28%

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 35. Teor de antocianinas monoméricas (mg.100g⁻¹) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	1,10 ± 0,04 ^a	1,10 ± 0,16 ^a	0,91 ± 0,07 ^a
Lote 02	2,20 ± 0,07 ^a	0,00 ± 0,00 ^b	0,04 ± 0,04 ^b
Lote 03	1,44 ± 0,09 ^a	0,77 ± 0,09 ^b	0,71 ± 0,04 ^b

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 36. Percentual de cor polimérica nas polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	Densidade da cor	0,95 ± 0,02 ^a	0,78 ± 0,07 ^b	0,96 ± 0,04 ^a
	Cor polimérica	1,07 ± 0,04 ^a	0,83 ± 0,07 ^b	0,88 ± 0,05 ^b
	% Cor polimérica	112%	105%	92%
Lote 02	Densidade da cor	0,45 ± 0,03 ^a	0,43 ± 0,06 ^a	0,45 ± 0,06 ^a
	Cor polimérica	0,50 ± 0,02 ^a	0,40 ± 0,06 ^a	0,40 ± 0,06 ^a
	% Cor polimérica	113%	97%	90%
Lote 03	Densidade da cor	0,93 ± 0,02 ^a	0,50 ± 0,06 ^b	0,59 ± 0,06 ^b
	Cor polimérica	0,78 ± 0,01 ^a	0,49 ± 0,07 ^b	0,61 ± 0,06 ^b
	% Cor polimérica	84%	98%	103%

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Os menores teores de antocianinas foram verificados na polpa de caju referente ao lote 01, assim como, os menores percentuais de redução. Sugere-se que os teores determinados neste lote não correspondam a antocianinas, mas a outro tipo de pigmento que venha a interferir no método de análise aplicado, visto que, os pseudofrutos deste lote não apresentavam coloração vermelha, a cor da superfície tendia do verde ao amarelo alaranjado. A polpa referente ao lote 02 apresentou os maiores teores de antocianinas, seguido dos maiores percentuais de redução. Nessa fase de maturação, os pigmentos estão em fase de síntese e revelação, apresentando-se na forma de compostos livres com baixo peso molecular, sendo facilmente degradados, em função da instabilidade inerente ao composto e pela forma de apresentação que se encontram (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Em relação ao lote 03, foram obtidos valores intermediários. Como os frutos estavam em fase de maturação avançado, as reações degradativas já estariam ocorrendo, o que explica os menores teores em comparação ao lote 02. A maior estabilidade das antocianinas frente ao tratamento térmico neste lote pode ser explicada pela forma de apresentação do pigmento, visto que, com a evolução da maturação, ocorre a polimerização das moléculas de antocianinas, resultando em compostos mais resistentes (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Sancho (2006) estudando o efeito do processamento sobre as características do suco de caju constatou que os parâmetros que mais sofreram perdas na etapa de pasteurização foram o ácido ascórbico, carotenóides totais e antocianinas totais. As antocianinas são pigmentos muito instáveis, podendo ser degradados durante o processamento e a estocagem de derivados de frutas (LADEROZA & DRAETTA, 1991).

Além da temperatura, outros fatores incluindo pH e oxigênio também afetam a estabilidade destes pigmentos (ESKIN, 1990). A interação de antocianinas com vitamina C causa a degradação de ambos os compostos, com descoloração dos pigmentos (BOBBIO & BOBBIO, 1992). Além destes, Lima *et al.* (2002), ao analisarem as perdas de antocianinas e flavonóis durante o armazenamento de polpas congeladas de acerola, observaram uma redução nos teores de antocianinas totais da ordem de 4,30% e nos teores de flavonóis totais de 13,44%, após 180 dias a -18°C. Os autores associam as perdas de antocianinas a alterações enzimáticas causadas pelas antocianidases e fenolases, pois as polpas não foram submetidas a tratamentos térmicos.

Quanto à contribuição das antocianinas poliméricas a cor, constatou-se que nas polpas de acerola *in natura* o percentual de cor polimérica entre os lotes 01, 02 e 03, foi de 37%, 61% e 41%, respectivamente, sendo que, nas polpas pasteurizadas pelo método rápido, este índice foi reduzido para 24% (Lote 01), 30% (lote 02) e 30% (lote 03); e nas pasteurizadas pelo método lento para 25% (lote 01), 33% (lote 02) e 28% (lote 03). Enquanto nas polpas de caju *in natura* o percentual de cor polimérica nos lotes 01, 02 e 03, foi de 112%, 113% e 84%, respectivamente. Sendo que, nas polpas pasteurizadas pelo método rápido, este índice sofreu redução nos lotes 01 e 02, apresentando contribuição de 105% e 97%, respectivamente; e aumento no lote 03 de 98%; nas pasteurizadas pelo método lento foi observado o mesmo comportamento, redução nos lotes 01 (92%) e 02 (90%); e aumento no lote 03 (103%).

Conforme apresentado (Tabela 34 e Tabela 36), a coloração das polpas de acerola e caju, frutas ricas em compostos fenólicos (Tabelas 41 e 42), têm expressiva contribuição das antocianinas poliméricas, ou seja, dos complexos formados entre moléculas de antocianinas e taninos. Esses polímeros formam-se durante o processo de amadurecimento da fruta. As frutas e seus derivados quando frescos devem apresentar baixo percentual de cor polimérica (menor que 10%), enquanto produtos processados ou submetidos ao armazenamento apresentarão percentuais superiores a 30%. Sendo este variável, de acordo com as condições de processamento e o histórico de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005; GIUSTI & WROLSTAD, 2001).

A redução no percentual de contribuição das antocianinas poliméricas a cor nas polpas de acerola, referente aos três lotes de frutas maduras, pode ser atribuído ao efeito do tratamento térmico na degradação dos complexos, visto a elevada instabilidade das antocianinas à temperatura (ESKIN, 1990). Em relação ao caju, sugere-se que a determinação sofreu a interferência de outros pigmentos ou compostos, visto a ocorrência de índices superiores a 100%. Além dos polímeros formados entre antocianinas e taninos, as melanoidinas e outros pigmentos (betalaínas) podem agir como interferentes, pois são resistentes ao agente de branqueamento aplicado na análise, o metabissulfito de potássio (GIUSTI & WROLSTAD, 2001).

5.4. Ácido L-ascórbico e vitamina C

O ácido L-ascórbico foi identificado por comparação com o espectro de absorção e quantificado através de curva de calibração ($Y=5E+07X-330139$), ambos mostrados na Figura 13 e Figura 14. Os cromatogramas representativos da fração de ácido L-ascórbico em polpas de acerola e caju são ilustrados na Figura 15 e Figura 16.

Os teores de ácido L-ascórbico e vitamina C nas polpas de acerola e caju *in natura* e pasteurizadas são apresentados na Tabela 37 a Tabela 40.

O teor de ácido L-ascórbico referente aos três lotes de polpa de acerola *in natura* variou de 446,70 a 545,80 mg.100g⁻¹. Estes valores são similares aos encontrados por Scherer *et al.* (2008), que determinaram ácido L-ascórbico em polpas de acerola congeladas e obtiveram valores de 441,87 a 494,07 mg.100g⁻¹.

A pasteurização resultou em aumento nos teores de ácido L-ascórbico das polpas de acerola: 9,07% (lote 01), 22,37% (lote 02) e 8,26% (lote 03) nas polpas que foram pasteurizadas pelo método rápido; e de 17,57% (lote 01), 12,55% (lote 02) e 5,43% (lote 03) nas polpas tratadas pelo método lento. A estabilidade do composto pode ser atribuída à acidez da polpa, visto que, o ácido L-ascórbico, facilmente degradável, é estável apenas em meio ácido (CHITARRA & CHITARRA, 2005); aliada a uma maior concentração dos nutrientes em função da significativa ($p>0,05$) redução da umidade provocada pelo tratamento térmico aplicado.

Quanto a polpa de caju, o teor de ácido L-ascórbico nas polpas *in natura* dos três lotes variou de 44,16 a 48,75 mg.100g⁻¹. Estes valores estão em acordo com a faixa encontrada por Scherer *et al.* (2008) de 44,65 a 50,19 mg.100 mL⁻¹ em suco de caju.

O efeito da pasteurização rápida sobre o teor de ácido L-ascórbico nas polpas de caju referentes aos lotes 01 e 03 não foi significativo ($p<0,05$). No entanto, o lote 02 apresentou um comportamento diferenciado, sendo observada uma redução da ordem de 25,30%. Esse comportamento é justificado pelas transformações bioquímicas que as frutas sofrem durante a fase de maturação, principalmente em relação aos teores de ácidos orgânicos que tem valores naturalmente reduzidos, quando está se definindo as características de palatabilidade das frutas (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Neste caso, o tratamento térmico teria provocado uma aceleração das reações degradativas do composto.

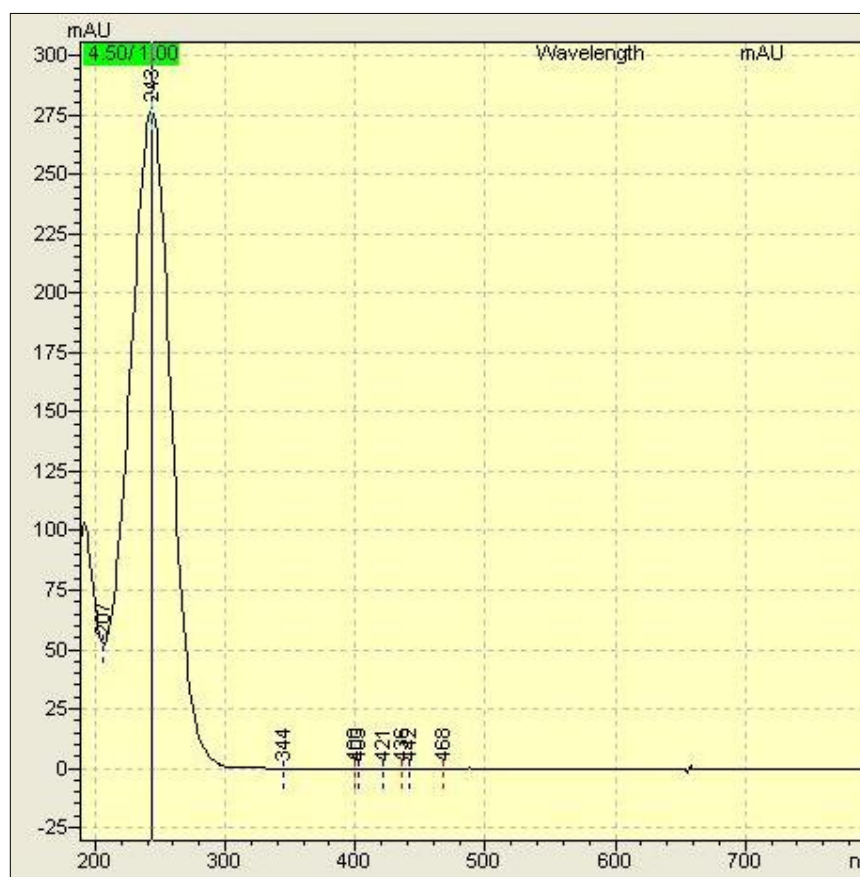


Figura 13. Espectro de absorção do ácido L-ascórbico CLAE - DAD.

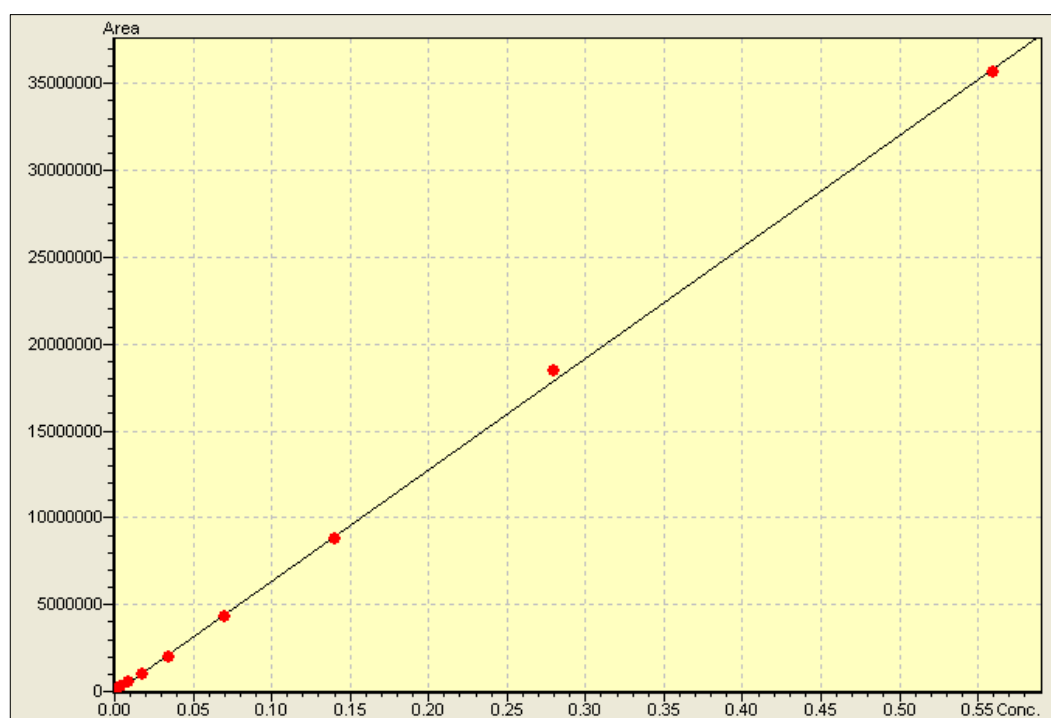


Figura 14. Curva de calibração do padrão de ácido L-ascórbico ($R^2 = 0,9996$).

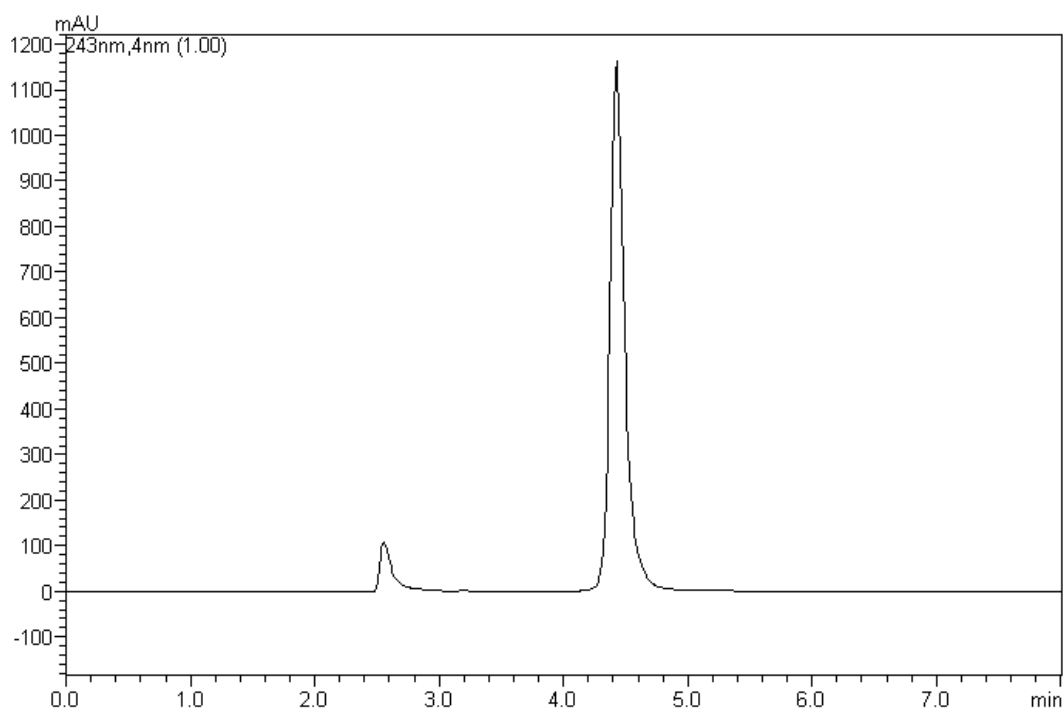


Figura 15. Cromatograma representativo do extrato de ácido L-ascórbico obtido a partir de polpa de acerola *in natura* (2,0g de polpa/6 mL de solução extratora).

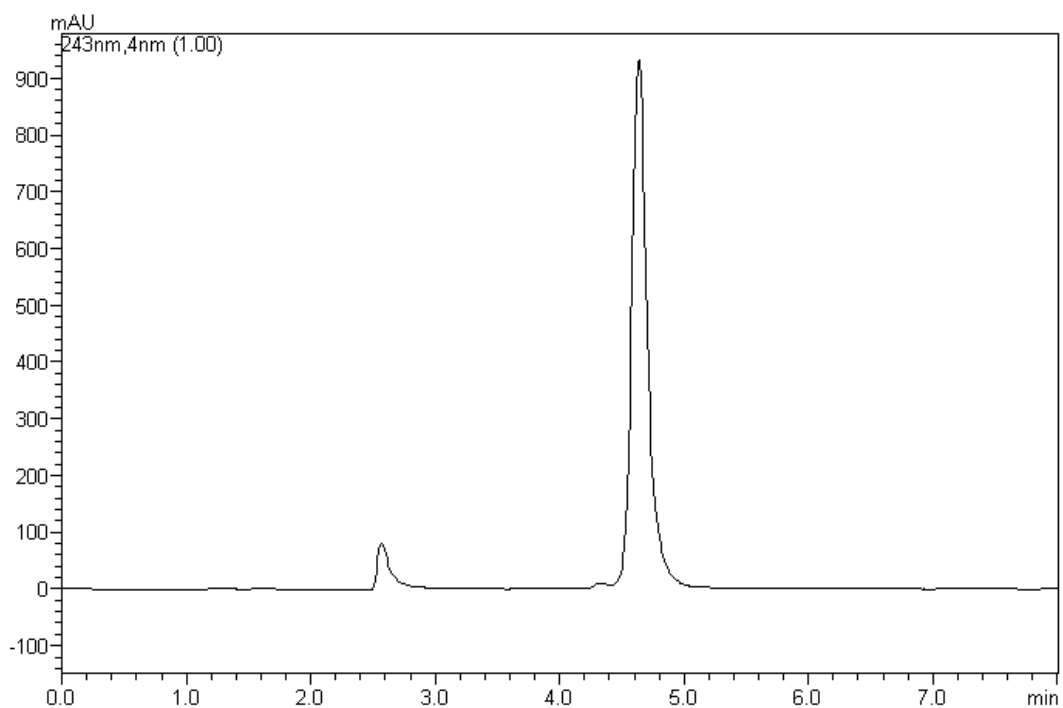


Figura 16. Cromatograma representativo do extrato de ácido L-ascórbico obtido a partir de polpa de caju *in natura* (0,2g de polpa/6 mL de solução extratora).

Tabela 37. Teor de ácido L-ascórbico (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$545,80 \pm 4,38^b$	$595,16 \pm 9,69^a$	$641,69 \pm 2,20^a$
Lote 02	$446,70 \pm 7,52^b$	$546,62 \pm 0,67^a$	$502,77 \pm 5,52^{ab}$
Lote 03	$490,01 \pm 9,04^a$	$530,51 \pm 1,96^a$	$516,60 \pm 1,93^a$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 38. Teor de vitamina C (mg.100g^{-1}) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$1.635,80 \pm 18,05^a$	$1.354,50 \pm 18,05^b$	$1.333,60 \pm 18,05^b$
Lote 02	$1.740,00 \pm 18,05^a$	$1.344,10 \pm 18,05^b$	$1.264,90 \pm 18,05^b$
Lote 03	$1.604,50 \pm 22,10^a$	$1.312,80 \pm 22,10^b$	$1.271,10 \pm 18,05^b$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 39. Teor de ácido L-ascórbico (mg.100g^{-1}) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$48,74 \pm 0,36^a$	$46,08 \pm 2,48^a$	$46,46 \pm 1,39^a$
Lote 02	$44,16 \pm 0,27^a$	$33,92 \pm 2,74^b$	$42,09 \pm 2,23^a$
Lote 03	$45,14 \pm 1,39^{ab}$	$41,42 \pm 1,23^b$	$47,72 \pm 2,04^a$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 40. Teor de vitamina C (mg.100g^{-1}) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	204,21 \pm 13,01 ^a	172,96 \pm 7,22 ^b	179,21 \pm 9,55 ^{ab}
Lote 02	195,88 \pm 9,55 ^a	175,04 \pm 12,55 ^a	172,96 \pm 3,61 ^a
Lote 03	208,38 \pm 9,55 ^a	179,21 \pm 9,55 ^b	175,04 \pm 6,25 ^b

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Quanto à pasteurização lenta, não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05\%$), evidenciando que, a sensibilidade do ácido L-ascórbico é maior frente ao aumento de temperatura que ao tempo de exposição.

O ácido L-ascórbico, amplamente distribuído na natureza, apresenta 100% de atividade vitamínica, enquanto o ácido L-dehidroascórbico possui em torno de 75 a 80% desta. Normalmente, existe um equilíbrio entre as duas formas, sendo o teor de vitamina C total resultante do somatório dos teores de ambos os ácidos (TAVARES, 2003).

As polpas de acerola *in natura* apresentaram teores de vitamina C que variaram de 1.604,53 a 1.739,98 mg.100g^{-1} . Esta faixa é compatível com resultados apresentados para polpa de acerola por outros autores como: 1.357,00 mg.100g^{-1} (RUFINO *et al.*, 2010), 1.067,00 a 1.846,00 mg.100g^{-1} (MUSSER *et al.*, 2004), 1.074,00 mg.100g^{-1} (VEDRAMINI & TRUGO, 2004), 514,46 a 1.655,53 mg.100g^{-1} (OLIVEIRA *et al.*, 1999), 602,41 a 1.575,49 mg.100g^{-1} (LOPES *et al.*, 1997) e 1.607,00 mg.100g^{-1} (NOGUEIRA, 1991).

Em todas as polpas de acerola pasteurizadas o teor de vitamina C, apresentou redução, sendo este bastante similar em ambos os métodos para todos os lotes estudados. Para a pasteurização rápida, foram obtidas as seguintes taxas de reduções: 18,47% (lote 01), 23,95% (lote 02) e 18,18% (lote 03); enquanto na pasteurização lenta, obteve-se: 18,47% (lote 01), 22,16% (lote 02) e 20,78% (lote 03). Comportamento semelhante foi demonstrado por Pimentel *et al.* (2001) que avaliaram a estabilidade da vitamina C em polpas de acerola aplicando tratamento térmico (*hot pack*, 90°C/15 minutos) e observaram que houve uma perda de vitamina C da ordem de 28,97%, após

seis meses de armazenamento. Bem como, Patras *et al.* (2009a) que demonstraram que a vitamina C em purê de morango foi significativamente afetada pelo processamento térmico (70°C/2 minutos), apresentando redução de 21%.

Estudando a estabilidade da vitamina C em produtos de acerola armazenados sob congelamento por quatro meses, Yamashita *et al.* (2003) observaram que tanto o tipo de processamento quanto a temperatura de armazenagem influenciam na estabilidade dessa vitamina, e que produtos que combinaram a pasteurização com congelamento apresentaram maior retenção ao final do período de armazenamento dos produtos.

Quanto a vitamina C, as polpas de caju *in natura* apresentaram teores que variaram de 195,88 a 208,38 mg.100g⁻¹. Estes resultados encontram-se dentro da faixa encontrada por Oliveira *et al.* (1999), de 65,87 a 277, 87 mg.100g⁻¹ para polpas congeladas de caju e são semelhantes ao encontrado por Rufino *et al.* (2010) de 190,00 mg.100g⁻¹ em polpa de caju *in natura*. Mas, foram inferiores ao encontrado por Fernandes *et al.* (2009) de 255,00 mg.100g⁻¹ e superior aos valores encontrados por Brandão *et al.* (2003) e por Souza Filho (1999) que foram de 112,10 e 126,57 mg.100g⁻¹, respectivamente, em polpa de caju *in natura*. No entanto, é válido ressaltar que, o teor de vitamina C em frutas e derivados varia de acordo com as condições de cultivo, armazenamento e processamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Em todas as polpas pasteurizadas o teor de vitamina C, apresentou redução, sendo este bastante similar em ambos os métodos para todos os lotes estudados. Para a pasteurização rápida, foram obtidas as seguintes taxas de reduções: 15% (lote 01), 11% (lote 02) e 14,0% (lote 03); enquanto na pasteurização lenta, obteve-se: 12% (lote 01), 12% (lote 02) e 16% (lote 03). Reduções nos teores de vitamina C, provocadas pelo tratamento térmico em derivados de frutas, foram observadas em estudos anteriores. Lo Scalzo *et al.* (2004) investigaram o efeito da pasteurização em suco de laranja, observando um redução de 4% em relação ao valor inicial. Teixeira & Monteiro (2004) também compararam o teor de vitamina C de suco de laranja *in natura* e processado verificando que a perda decorrente do tratamento térmico foi de 6,7%. Quando avaliada durante a produção de suco de goiaba, a degradação da vitamina C foi da ordem de 3,3% (JAWAHEER *et al.*, 2003).

5.5. Compostos fenólicos totais

A quantificação de compostos fenólicos totais nas polpas de acerola *in natura* apresentou-se entre 1.608,03 e 1.724,63 mg AG.100g⁻¹ (Tabela 41), indicando que a acerola é uma excelente fonte de compostos fenólicos (VASCO *et al.*, 2008). Os valores obtidos foram maiores que os encontrados em polpa de acerola *in natura* de 1.063,00 mg AG.100g⁻¹ por Rufino *et al.* (2010) e de 1056,00 mg AG.100g⁻¹ por Alves *et al.* (2008); bem como, aos encontrados em polpa de acerola industrializada 861,00 mg AG.100g⁻¹ (HASSIMOTO *et al.* 2005).

De acordo com Oliveira *et al.* (2009), o método de determinação do teor de fenólicos totais utilizando o reagente *Folin-Ciocalteu*, apesar de muito utilizado, apresenta algumas limitações, relacionadas a superestimação dos fenólicos em larga extensão. A vitamina C é considerada como um dos interferentes, não-fenólicos. Foi verificado que a adição de ácido ascórbico ao ácido gálico em diferentes proporções provocou aumento de absorbância da ordem de 20% quando a razão ascorbato/galato foi maior ou igual a 1. Esta é uma importante observação a ser considerada, principalmente se tratando do estudo de frutas com alto teor de vitamina C, como a acerola (Tabela 38).

O teor de compostos fenólicos totais das polpas pasteurizadas pelo método rápido apresentou o seguinte aumento: 6,34% (lote 01), 3,72% (lote 02) e 1,24% (lote 03), enquanto, pelo método lento observou-se aumento de: 7,99% (lote 01), 1,65% (lote 02) e 2,22% (lote 03). No entanto, o aumento apresentado pelos teores de compostos fenólicos totais nas polpas tratadas, em ambos os métodos, não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) quando comparado as polpas *in natura*. Patras *et al.* (2009ab) observaram redução de 4,40%; 3,60%; 9,00% e 5,00% em purês de morango, amora, cenoura e tomate pasteurizados (70°C/2 minutos), respectivamente. Fernandes *et al.* (2007) avaliaram o efeito do processamento em suco tropical de goiaba, verificando que, após o tratamento térmico (90°C/60 segundos), o teor de compostos fenólicos totais diminuiu (8,00%). Apesar de tratar-se de valores diferentes, os percentuais de variação obtidos neste trabalho e nas referências citadas são semelhantes, podendo ser relativa às características da composição fenólica apresentada por cada tipo de fruta.

Em frutos, os compostos fenólicos estão presentes em diferentes graus de polimerização e podem ser separados em frações, de acordo com a sua solubilidade em

solvente orgânico puro ou diluído. A fração solúvel em metanol absoluto contém compostos simples, de baixo peso molecular como ácido clorogênico e leucoantocianinas. A fração solúvel em metanol diluído contém compostos de peso molecular intermediário. A fração solúvel em água contém flavolanas que estão firmemente ligadas aos polissacarídeos da parede celular ou a outros polímeros, cujo peso molecular é superior às duas frações anteriores. Os compostos extraídos por metanol absoluto, metanol diluído e água, são denominados dímeros, oligoméricos e poliméricos, respectivamente (SETER *et al.*, 1989; ESTEVES, 1981; SCHANDLER, 1970; GOLDSTEIN & SWAIN, 1963; SWAIN & HILLIS, 1959).

O teor de compostos fenólicos totais nas polpas de caju *in natura* situou-se entre 405,15 e 526,22 mg AG.100g⁻¹, sendo observada redução com o avanço da maturação (Tabela 42), visto que, em frutas verdes, predominam fenólicos de baixo peso molecular, com a evolução da maturação, ocorre a polimerização das moléculas com redução do seu poder adstringente (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Os valores obtidos foram superiores ao encontrado em polpa de caju *in natura* de 118,00 mg AG.100g⁻¹ por Rufino *et al.* (2010) e em polpa comercial de caju congelada de 234,00 mg AG.100g⁻¹ citada por Hassimoto *et al.* (2005). A escolha da metodologia utilizada para obtenção dos extratos pode ter gerado essa diferença, sendo que, o extrato de frutas pode ser composto por diferentes frações de compostos fenólicos (aquosa, alcoólica e/ou hidroalcoólica) dependendo dos solventes utilizados para sua obtenção (ROCKENBACH *et al.*, 2008).

A concentração de compostos fenólicos totais das polpas pasteurizadas pelo método rápido sofreu as seguintes reduções: 21,67% (lote 01), 4,93% (lote 02) e 28,90% (lote 03), enquanto, pelo método lento observou-se redução de: 15,24% (lote 01), 3,49% (lote 02) e 15,60% (lote 03). Neste caso, observa-se que a temperatura exerceu maior influência na degradação destes compostos que o tempo de exposição, pois os maiores índices de perda ocorreram quando o método rápido foi aplicado. Verifica-se também que, as polpas referentes aos lotes 01 e 03 apresentaram as maiores taxas de redução, quando submetidas a ambos os métodos. Isso pode ser justificado pela série de transformações bioquímicas que os vegetais sofrem nos estádios de maturação referentes a estes lotes. No caso do lote 01, por tratar-se de frutas verdes, os compostos fenólicos encontram-se livres, estando disponíveis para diversos tipos de reação sejam

de condensação e/ou degradação dependendo das condições fisiológicas as quais foram expostos. No segundo caso (lote 03), temos frutas em estágio de maturação avançado; nesta fase do desenvolvimento da fruta (senescência), todas as reações que ocorrem são predominantemente degradativas (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Durante a maturação dos frutos, há um aumento gradual na condensação, ao mesmo tempo em que a adstringência diminui. Isso possivelmente ocorre porque as formas altamente condensadas são menos solúveis, por se ligarem fortemente a outros componentes celulares. A sensação de adstringência é relacionada com a reação tanante (ligação com proteínas) e depende do número de grupos OH fenólicos por molécula do polímero, cuja designação é “taninos” (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Tabela 41. Teor de compostos fenólicos totais (mg equivalente ao ácido gálico.100g⁻¹) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	1.608,03 ± 13,89 ^a	1.709,94 ± 12,98 ^a	1.724,63 ± 16,34 ^a
Lote 02	1.699,40 ± 16,06 ^a	1.762,64 ± 14,55 ^a	1.727,43 ± 14,68 ^a
Lote 03	1.724,63 ± 16,34 ^a	1.745,97 ± 12,55 ^a	1.763,00 ± 18,15 ^a

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

Tabela 42. Teor de compostos fenólicos totais (mg equivalente ao ácido gálico.100g⁻¹) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	526,22 ± 30,12 ^a	412,19 ± 50,70 ^b	445,99 ± 17,99 ^{ab}
Lote 02	454,31 ± 53,76 ^a	431,93 ± 44,32 ^a	438,45 ± 34,63 ^a
Lote 03	405,15 ± 51,05 ^a	288,05 ± 27,05 ^b	341,95 ± 7,67 ^{ab}

Média ± desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

5.6. Atividade Antioxidante Total

A atividade antioxidante total do extrato de polpa de acerola foi determinada frente a dois métodos: o ABTS e o FRAP. A primeira determinação consiste na captura do radical ABTS^{•+} [2,2'- azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)], com essa metodologia, pode-se medir a atividade de compostos de natureza hidrofílica e lipofílica (KUSKOSKI *et al.*, 2005), enquanto o segundo determina o poder antioxidante de redução do ferro. Os valores da capacidade antioxidante apresentados pelas polpas de acerola e caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos ABTS e FRAP são apresentados na Tabela 43 a Tabela 46.

Tabela 43. Atividade antioxidante total pelo método ABTS ($\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	115,99 \pm 5,56 ^a	126,42 \pm 7,17 ^a	122,59 \pm 12,48 ^a
Lote 02	125,40 \pm 5,10 ^a	129,70 \pm 7,20 ^a	130,02 \pm 2,31 ^a
Lote 03	114,26 \pm 9,09 ^a	120,71 ^a \pm 2,24 ^a	117,00 \pm 7,87 ^a

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expresso em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 44. Atividade antioxidante total pelo método FRAP ($\mu\text{M Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$) das polpas de acerola *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	330,19 \pm 0,37 ^a	360,35 \pm 0,36 ^a	336,48 \pm 0,23 ^a
Lote 02	362,34 \pm 0,18 ^a	366,18 \pm 0,08 ^a	365,10 \pm 0,11 ^a
Lote 03	332,32 \pm 0,52 ^a	350,67 \pm 0,06 ^a	350,27 \pm 0,28 ^a

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 45. Atividade antioxidante total pelo método ABTS ($\mu\text{M Trolox.g}^{-1}$) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$17,08 \pm 0,67^a$	$16,74 \pm 0,72^a$	$16,63 \pm 0,34^a$
Lote 02	$16,00 \pm 0,15^a$	$15,91 \pm 0,57^a$	$15,29 \pm 1,12^a$
Lote 03	$17,33 \pm 0,25^a$	$16,39 \pm 0,74^a$	$15,18 \pm 0,07^b$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 46. Atividade antioxidante total pelo método FRAP ($\mu\text{M Fe}_2\text{SO}_4.\text{g}^{-1}$) das polpas de caju *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju	<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	$48,58 \pm 0,37^a$	$48,52 \pm 0,36^a$	$48,03 \pm 0,23^a$
Lote 02	$32,03 \pm 0,18^a$	$31,99 \pm 0,08^a$	$31,97 \pm 0,11^a$
Lote 03	$32,56 \pm 0,52^a$	$32,12 \pm 0,06^a$	$32,54 \pm 0,28^a$

Média \pm desvio padrão, n=3, valores expressos em base úmida.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Quanto ao método ABTS, os valores encontrados para atividade antioxidante em polpa de acerola *in natura* ($114,26$ a $125,40 \mu\text{M Trolox.g}^{-1}$) foram superiores ao determinado por Rufino *et al.* (2010) em polpa de acerola *in natura* de $96,6 \mu\text{M Trolox.g}^{-1}$. O mesmo se aplica para a capacidade de redução do ferro (FRAP), onde os valores encontrados neste trabalho variaram de $330,19$ a $362,34 \mu\text{M sulfato ferroso.g}^{-1}$, enquanto o apresentado por Rufino *et al.* (2010) foi de $148,00 \mu\text{M sulfato ferroso.g}^{-1}$. No entanto, estes mesmos autores, obtiveram teores de vitamina C menores ($1.357,00 \text{ mg.100g}^{-1}$) que os apresentados neste estudo ($1.604,53$ a $1.739,98 \text{ mg.100g}^{-1}$), o que explica a diferença; visto a significativa correlação entre o teor de vitamina C e atividade antioxidante apresentada pela polpa de acerola, principalmente quando esta determinação foi testada frente ao poder de redução do ferro (FRAP - $0,9505$).

Quanto ao efeito da pasteurização rápida sobre o potencial antioxidante da polpa de acerola, avaliado pelo método ABTS, obteve-se aumento da ordem de: 8,99% (lote 01), 3,43% (lote 02) e 5,65% (lote 03); enquanto na pasteurização lenta, foi observado aumento de: 5,69% (lote 01), 3,69% (lote 02) e 2,40% (lote 03). A capacidade antioxidante medida pelo método FRAP apresentou aumento da ordem de: 9,13% (lote 01), 1,06% (lote 02) e 5,52% (lote 03) para o método rápido; e 1,91% (lote 01), 0,76% (lote 02) e 5,40% (lote 03) para o método lento. No entanto, o aumento apresentado na capacidade antioxidante total (ABTS/FRAP) das polpas pasteurizadas, em ambos os tratamentos, não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) quando comparado as polpas *in natura*, seguindo o mesmo comportamento dos teores de compostos fenólicos totais.

A atividade antioxidante da polpa de caju *in natura* determinada pelo método ABTS (16,00 a 17,33 μM Trolox. g^{-1}) foi superior aos valores encontrados por Rufino *et al.* (2010) em polpa de caju *in natura* de 11,20 μM Trolox. g^{-1} . No entanto, estes mesmos autores, obtiveram teores de compostos fenólicos totais inferiores (118,00 mg AG.100 g^{-1}) aos encontrados neste trabalho (405,15 e 526,22 mg AG.100 g^{-1}), o que explica a diferença, visto que o mesmo método aplicado para extração dos compostos fenólicos totais foi utilizado para obtenção dos extratos nos quais foi determinada a atividade antioxidante total. O mesmo se aplica para a capacidade de redução do ferro (FRAP), onde os valores encontrados neste trabalho variaram de 32,03 a 48,58 μM sulfato ferroso. g^{-1} , enquanto o apresentado por Rufino *et al.* (2010) foi de 22,90 μM sulfato ferroso. g^{-1} .

Quanto ao efeito da pasteurização rápida sobre o potencial antioxidante da polpa de caju, avaliado pelo método ABTS, foram obtidas reduções da ordem de: 2,01% (lote 01), 0,56% (lote 02) e 5,44% (lote 03); enquanto no lento, foi observada redução de: 2,63% (lote 01), 4,44% (lote 02) e 12,40% (lote 03). A capacidade antioxidante medida pelo método FRAP sofreu reduções da ordem de: 0,12% (lote 01), 0,14% (lote 02) e 1,35% (lote 03) para o método rápido; e 1,13% (lote 01), 0,19% (lote 02) e 0,06% (lote 03) para o método lento. Apenas a polpa pasteurizada pelo método lento, referente ao lote 03, quando avaliada pelo método ABTS apresentou redução significativa ($< 0,05$). A redução da capacidade de captura do radical ABTS^{•+} pode ter sido gerada pela exposição prolongada ao tratamento térmico, visto que, as frutas deste lote estavam em

fase de maturação avançado e seus constituintes biológicos estariam sofrendo reações de degradação (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O teor de componentes que respondem por uma atividade biológica em alimentos está diretamente influenciado pelo estágio de maturação, região de cultivo e variedade da fruta como observado por Menezes & Alves (1995). Gao *et al.* (2000) concluíram que a capacidade de sequestro de radicais do extrato da fruta estudada por eles diminuiu, devido a diminuição do teor de compostos fenólicos como consequência do avanço da maturação. A redução dos compostos fenólicos no amadurecimento é devido aos processos de complexação e polimerização (MENEZES & ALVES, 1995). No estudo realizado por Shwartz *et al.* (2009) foi observado que, durante o amadurecimento, os níveis de compostos fenólicos, taninos hidrolisáveis e atividade antioxidante foram reduzidos, enquanto que, a concentração de antocianinas aumentou em cascas de romã.

A capacidade protetora dos derivados de frutas depende de seu histórico durante o processamento; visto que, afeta o conteúdo, a atividade e a biodisponibilidade dos componentes bioativos (NICOLI *et al.*, 1999). Os efeitos do processamento e dos métodos de conservação nos compostos antioxidantes são resultados de diferentes eventos, podendo ocorrer de forma consecutiva ou simultânea, dependendo das características químicas do alimento e da interação entre esses fatores (MILLER *et al.*, 1995).

As polpas de frutas apresentaram um melhor desempenho pelo método FRAP quando comparado ao ABTS, entretanto, a comparação da capacidade antioxidante entre os diferentes métodos não deve ser feita em valores absolutos, conforme discussão abordada no tópico Revisão bibliográfica (Página 30).

5.7. Correlação entre as variáveis mensuradas e a atividade antioxidante

A determinação da capacidade antioxidante é influenciada pelo substrato utilizado no ensaio, pelo solvente e pela técnica de extração utilizada. Estes ensaios diferem em relação ao mecanismo de reação, às espécies-alvo, às condições reacionais e na forma com os resultados são expressos. Este fato impõe a necessidade de avaliar a capacidade antioxidante por diferentes ensaios, com fundamentos e mecanismos de ação diferentes (HUANG *et al.*, 2005). Como o método FRAP é capaz de determinar apenas a atividade antioxidante total não enzimática dos extratos, não determinando a atividade de captura

de radical livre, o método ABTS foi aplicado para avaliar a atividade sequestradora dos extratos (KANATT *et al.*, 2007).

Conforme a representação gráfica da correlação entre os constituintes bioativos e a atividade antioxidante das polpas *in natura* de acerola (Figura 17 a Figura 19), o teor de ácido L-ascórbico apresentou forte correlação negativa, tanto pelo método de captura do radical ABTS^{•+} (-0,7126), como pelo teste da redução de ferro (-0,7628), enquanto, a vitamina C, mostrou correlação positiva média (0,4752) e correlação positiva excelente (0,9505) com os potenciais antioxidantes testados pelos métodos ABTS e FRAP, respectivamente. No entanto, os compostos fenólicos totais apresentaram fraca correlação, sendo esta, negativa pelo método ABTS (-0,1327) e positiva com o FRAP (0,2384), o qual demonstra que, o potencial antioxidante de um extrato não depende apenas do teor de compostos fenólicos, a caracterização da estrutura dos compostos ativos que os constituem, também, é necessário, visto que, a estrutura química do componente ativo tem influência sobre a eficácia do antioxidante natural, sendo, por exemplo, a posição e o número de hidroxilas presentes na molécula de um fenol fatores relevantes para esta atividade (HEINONEN *et al.*, 1998).

Muitas técnicas, incluindo as duas utilizadas para determinação da atividade antioxidante mostram alta correlação com o teor de compostos fenólicos totais em diferentes frutas. Gil *et al.* (2002) encontraram alta correlação ($r > 0,9$; $p \leq 0,05$) entre a atividade antioxidante determinada pelo método FRAP e o teor de compostos fenólicos totais em nectarina, pêssgo e ameixa. A mesma constatação foi feita por Su & Silva (2006) em mirtilo, Beta *et al.* (2005) em grãos de trigo e Gardner *et al.* (2000) em sucos de frutas. No entanto, alguns estudos têm mostrado que não existe correlação significativa entre o teor de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante (HINNEBURG *et al.*, 2006; KAMATH *et al.*, 2004; KÄHKÖNEN *et al.*, 1999).

Quanto à correlação entre os constituintes bioativos e a atividade antioxidante das polpas *in natura* de caju (Figura 20 a Figura 22), o teor de ácido L-ascórbico apresentou média (0,3255) e alta (0,9316) correlação, com os métodos de captura do radical ABTS^{•+} e redução de ferro, respectivamente. Enquanto, o teor de compostos fenólicos totais, mostrou fraca (-0,0353) e excelente (0,7141) correlação com os potenciais testados pelos métodos ABTS e FRAP, respectivamente. No entanto, o teor de vitamina C apresentou fraca correlação com a capacidade antioxidante, em ambos os testes

(ABTS: 0,2239/FRAP: 0,1125). Coeficientes de correlação altos foram encontrados entre a atividade antioxidante pelo método FRAP e os teores de ácido L-ascórbico e compostos fenólicos totais em polpa de caju *in natura*. Isso sugere que esta atividade ocorra, principalmente, em função da presença destes nutrientes nos extratos analisados (OTHMAN *et al.*, 2007).

Os coeficientes de correlação calculados entre a atividade antioxidante e os compostos bioativos da polpa de acerola *in natura*, de forma isolada e conjunta, são apresentados na Tabela 47. Em todos os casos as correlações foram lineares. Conforme apresentado, a atividade antioxidante, em ambos os métodos, mostraram maior dependência em relação à vitamina C, o que confirma as observações feitas por Thaipong *et al.* (2006), que o FRAP foi o método que apresentou maior correlação com os teores deste nutriente.

Coeficientes de correlação altos foram encontrados entre a atividade antioxidante pelo método FRAP e os teores de vitamina C em polpa de acerola *in natura*. Isso sugere que esta atividade ocorra, principalmente, em função da presença deste nutriente nos extratos analisados (OTHMAN *et al.*, 2007). Thaipong *et al.* (2006) e Gardner *et al.* (2000) reportaram altas correlações entre a atividade antioxidante determinada por qualquer um dos métodos disponíveis e a vitamina C em frutas que contenham altos teores deste nutriente, como a acerola (Tabela 38). Gil *et al.* (2002), confirmaram essa teoria, demonstrando que não houve correlação entre o teor de vitamina C e a atividade antioxidante determinada pelo método FRAP em nectarina, pêssgo e ameixa, frutas que apresentam baixos teores desta vitamina.

Os coeficientes de correlação calculados entre a atividade antioxidante e os compostos bioativos da polpa de caju *in natura*, de forma isolada e conjunta, são apresentados na Tabela 48. Em todos os casos as correlações foram lineares. Conforme apresentado, a atividade antioxidante, em ambos os métodos, mostraram maior dependência em relação ao teor de compostos fenólicos totais. Foi observada também, uma redução no coeficiente de correlação das frações conjuntas de compostos fenólicos totais e vitamina C, em relação ao coeficiente obtido para os fenólicos de forma isolada. Conforme observações feitas por Thaipong *et al.* (2006), o método FRAP é o que apresenta maior correlação com os teores de vitamina C e compostos fenólicos totais, quando aplicados para determinação da atividade antioxidante de extratos de goiaba. No

entanto, quando a fruta em estudo é o caju, a vitamina C apresentou maior correlação com o método ABTS e os fenólicos totais com o método FRAP. O que confirma que cada fruta tem um comportamento diferenciado frente aos métodos de avaliação da capacidade antioxidante; sendo que esta variação ocorre, em função do perfil de compostos presentes e da interação entre eles.

Tabela 47. Coeficientes de correlação entre os compostos bioativos mensurados e a atividade antioxidante (ABTS / FRAP) das polpas de acerola *in natura*.

Compostos Bioativos	ABTS	FRAP
Ácido L-ascórbico	-0,7126**	-0,7628**
Vitamina C	0,4752 ^{NS}	0,9505*
Fenólicos totais	-0,1327 ^{NS}	0,2384 ^{NS}
Vitamina C + Fenólicos	0,2324 ^{NS}	0,8054*

^{NS} não significativo ($p \geq 0,05$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Tabela 48. Coeficientes de correlação entre os compostos bioativos mensurados e a atividade antioxidante (ABTS / FRAP) das polpas de caju *in natura*.

Compostos Bioativos	ABTS	FRAP
Ácido L-ascórbico	0,3255 ^{NS}	0,9316**
Vitamina C	0,2239 ^{NS}	0,1125 ^{NS}
Fenólicos totais	-0,0353 ^{NS}	0,7141*
Vitamina C + Fenólicos	0,0014 ^{NS}	0,6850*

^{NS} não significativo ($p \geq 0,05$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

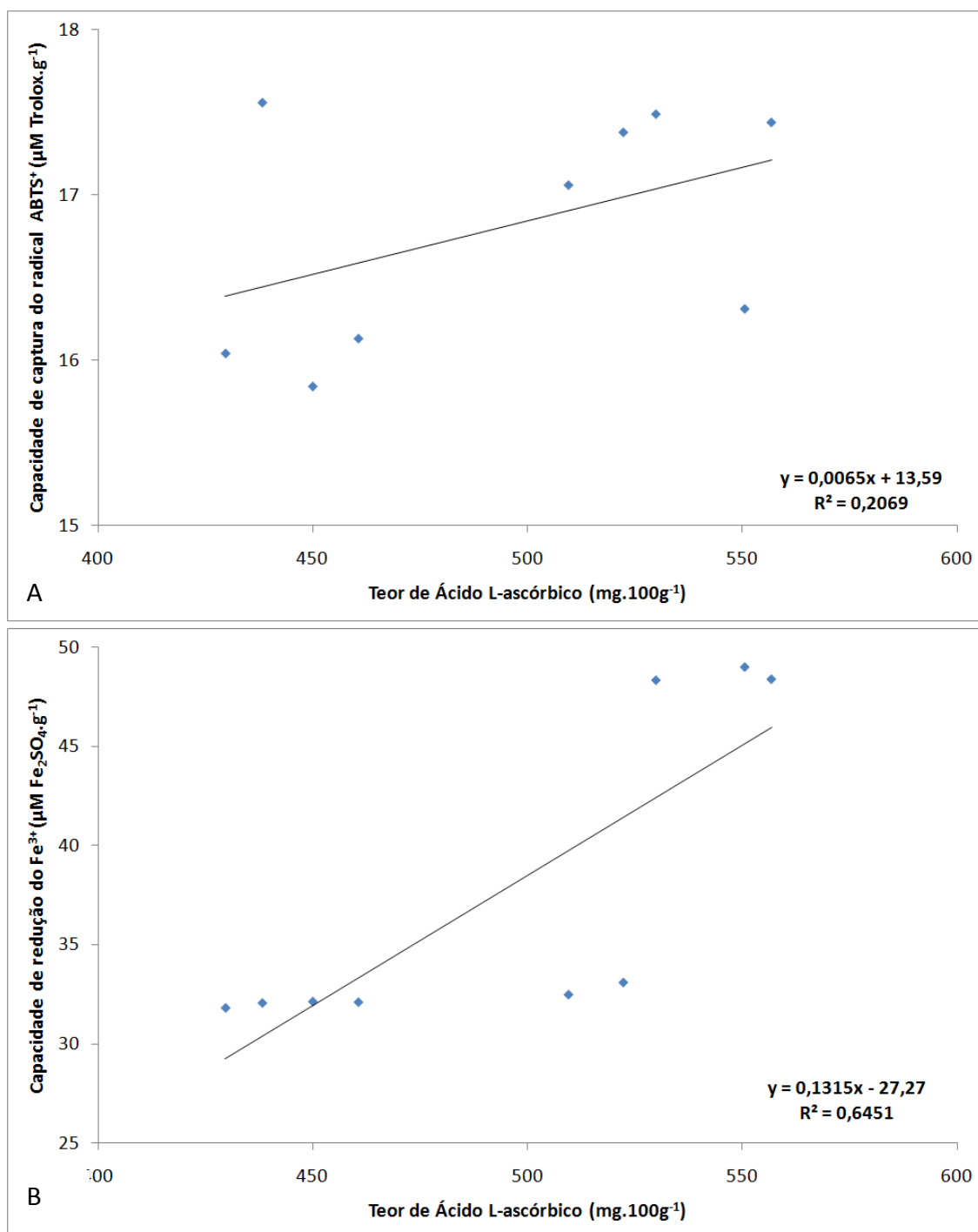


Figura 17. Correlação entre o teor de ácido L-ascórbico e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de acerola *in natura*.

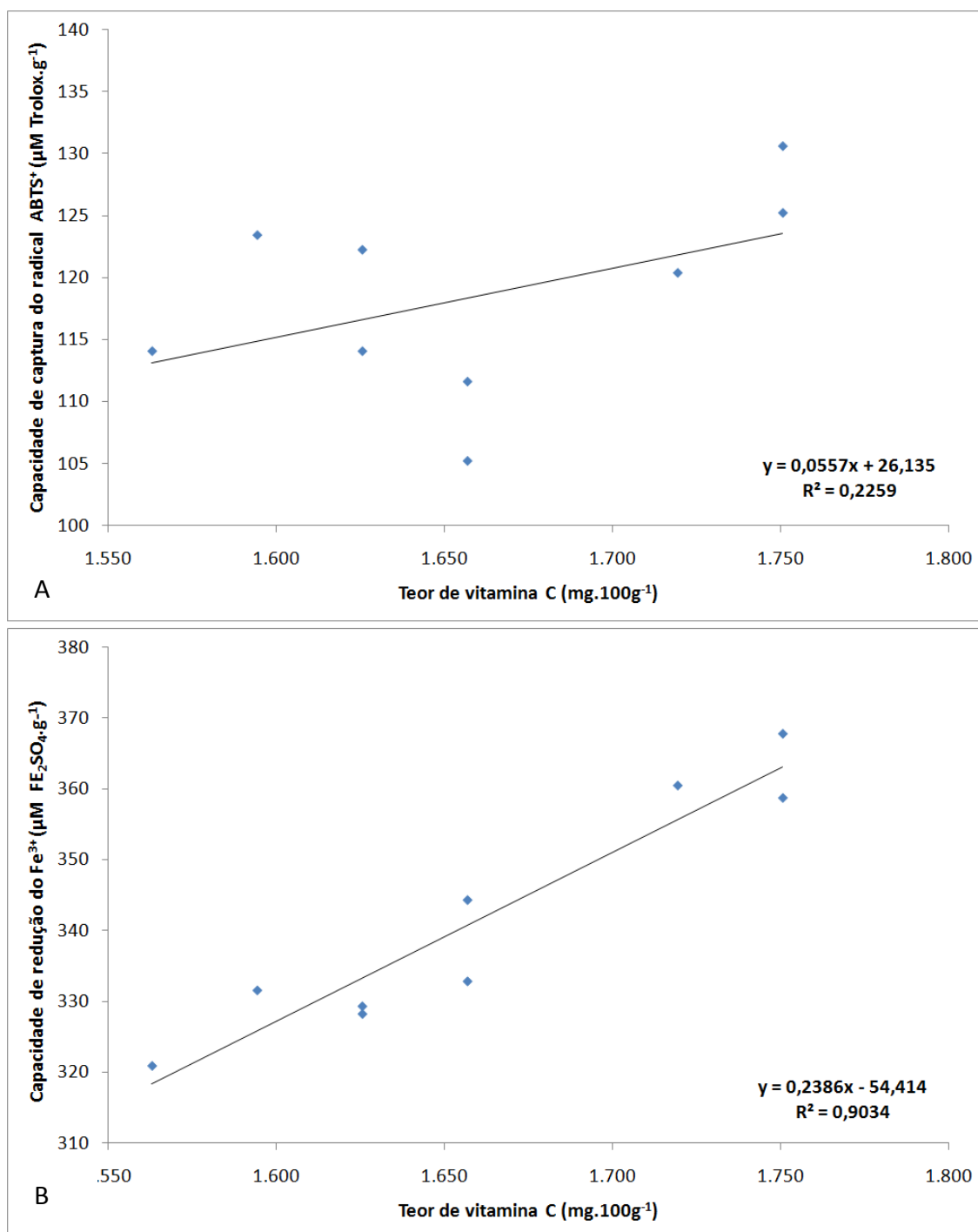


Figura 18. Correlação entre o teor de vitamina C e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de acerola *in natura*.

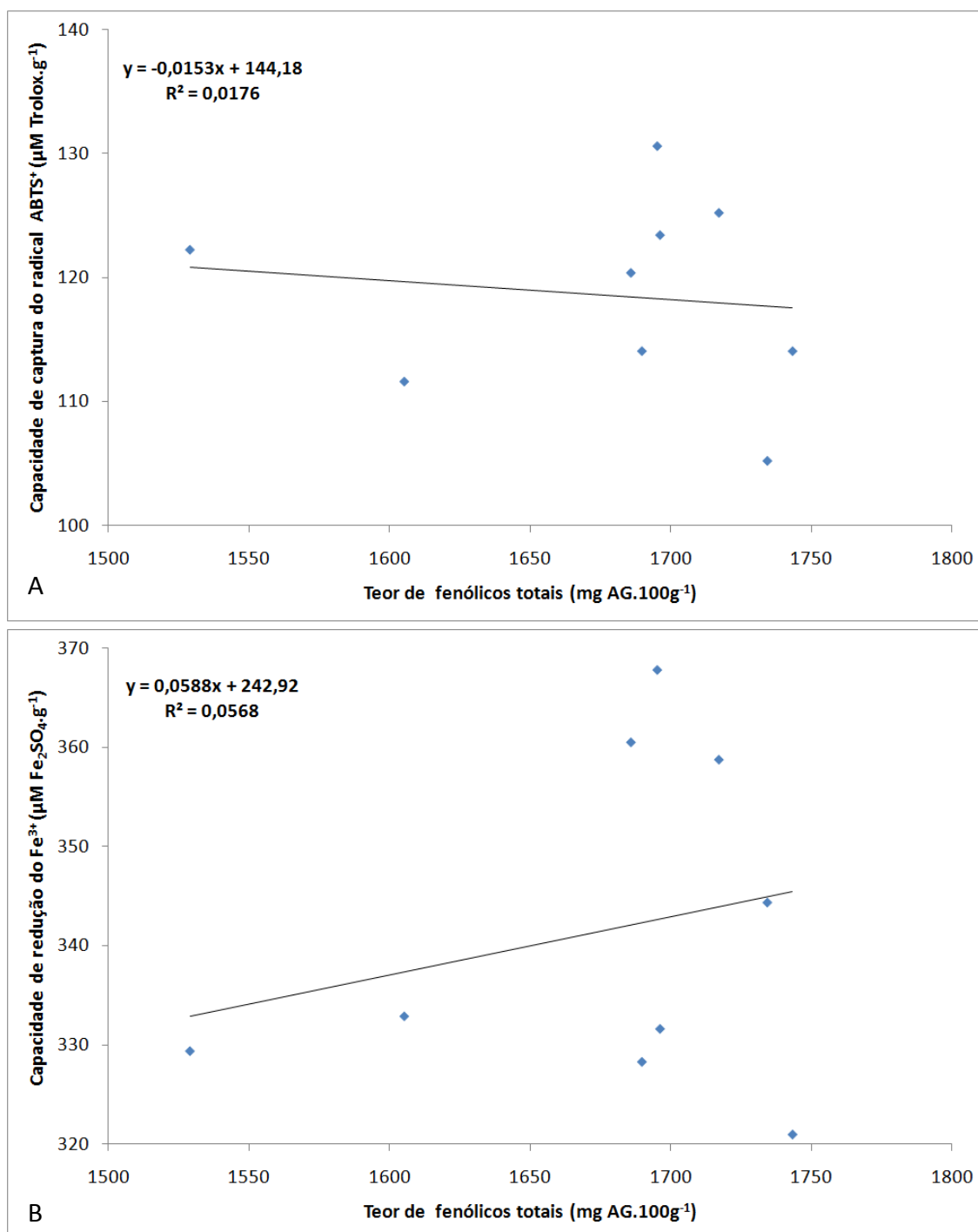


Figura 19. Correlação entre o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de acerola *in natura*.

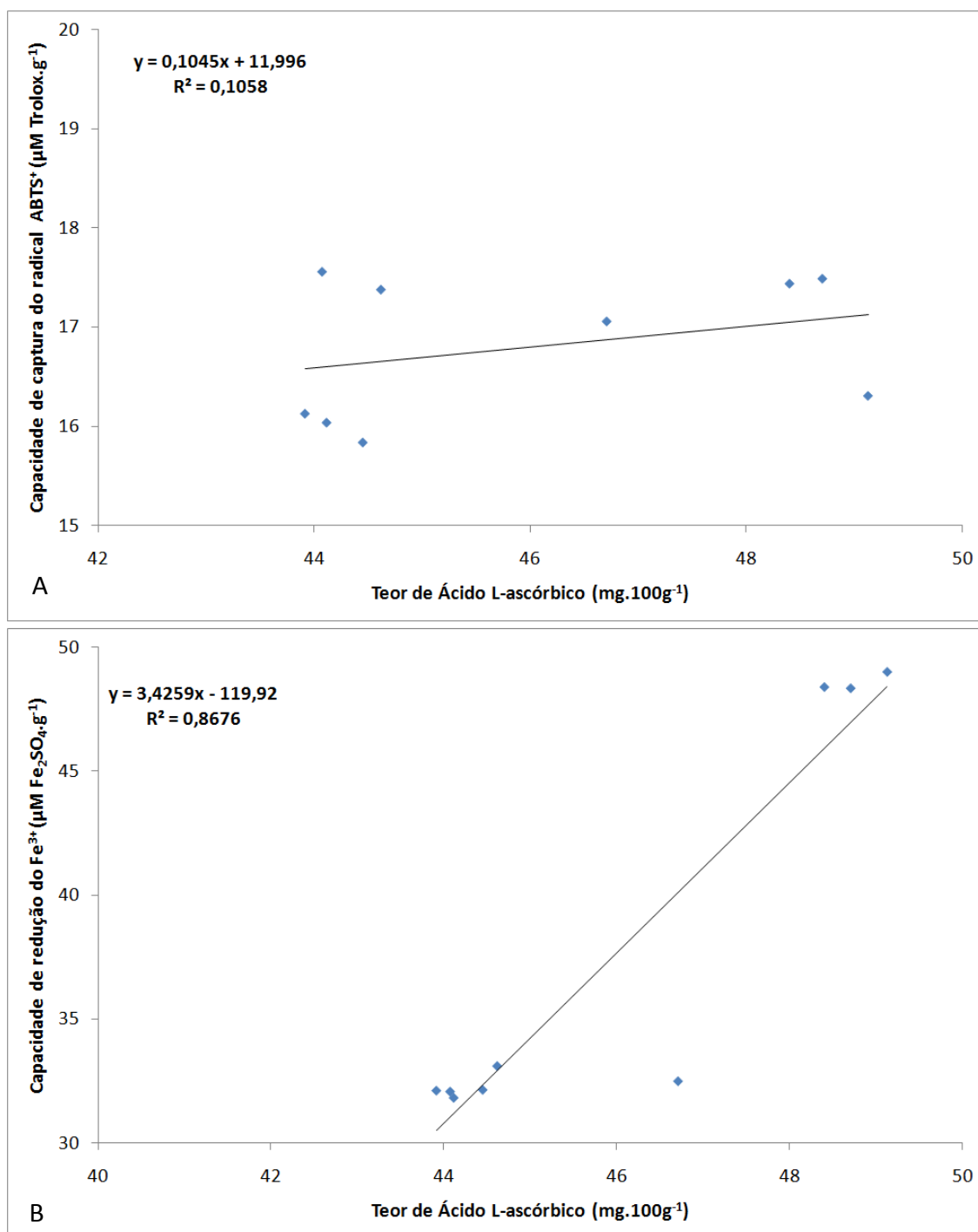


Figura 20. Correlação entre o teor de ácido L-ascórbico e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de caju *in natura*.

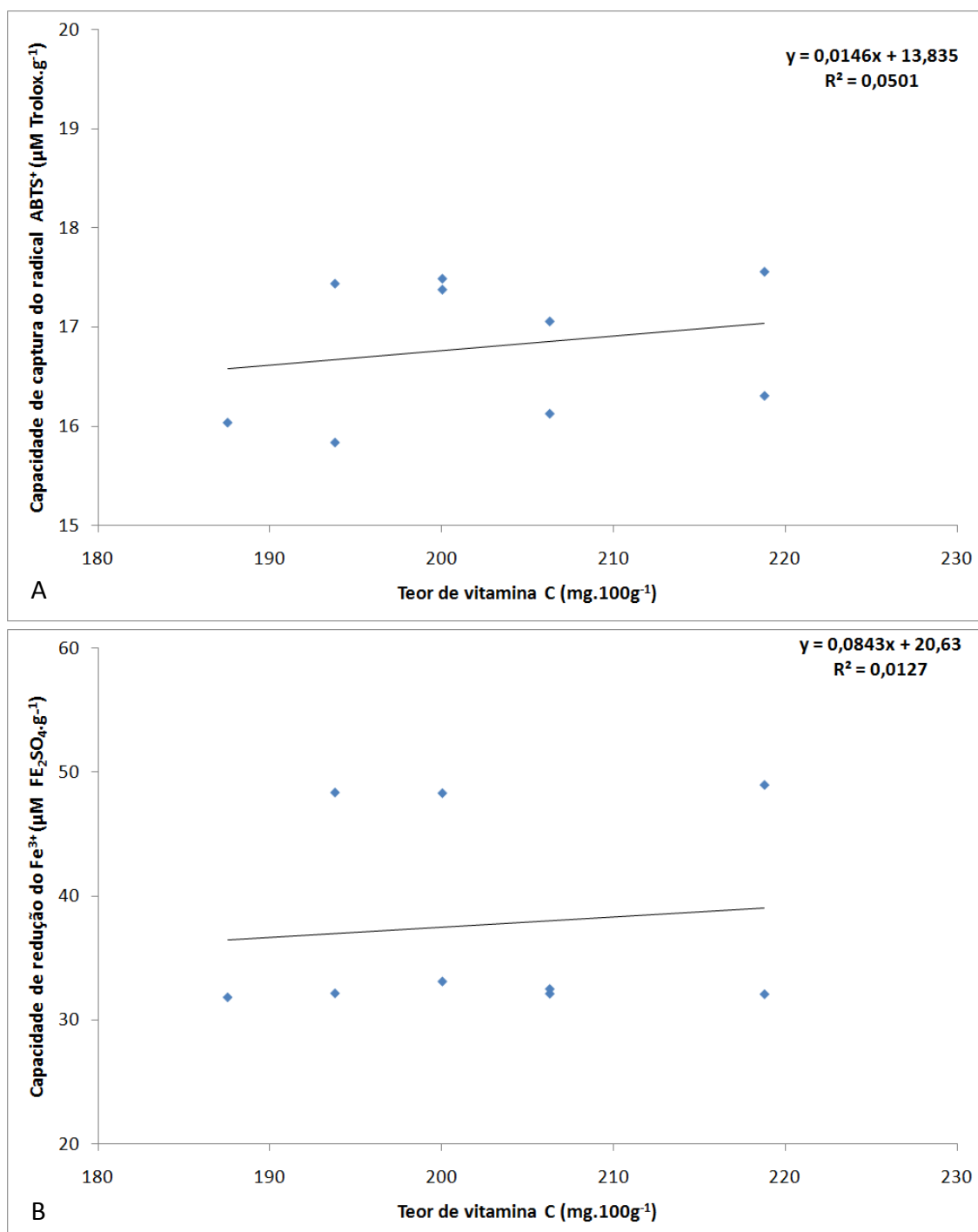


Figura 21. Correlação entre o teor de vitamina C e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de caju *in natura*.

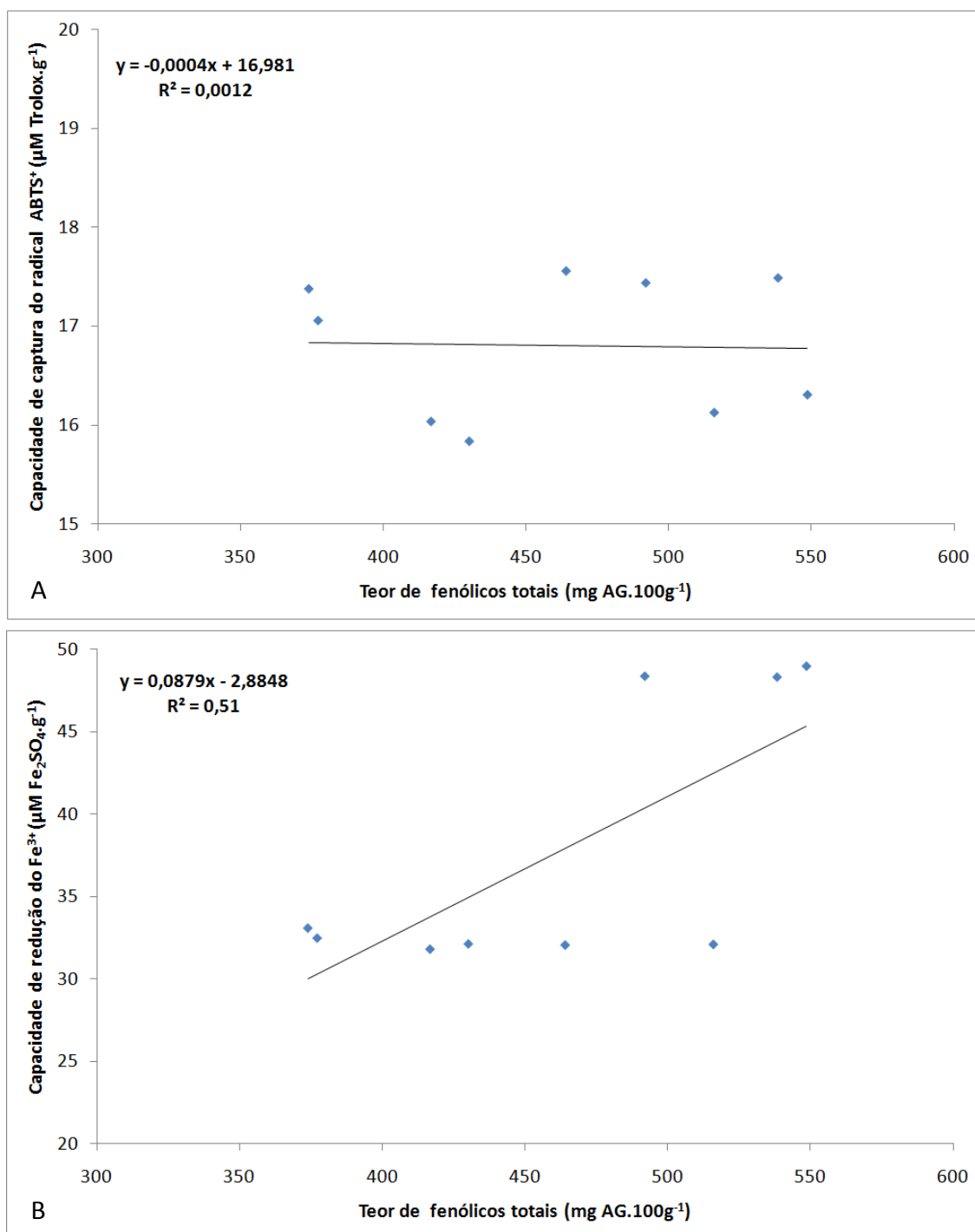


Figura 22. Correlação entre o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante determinada pelos métodos ABTS (A) e FRAP (B) em polpa de acerola *in natura*.

5.8. Identificação e quantificação de ácidos fenólicos por CLUR-DAD

Polpas de acerola e caju *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, obtidas a partir de três lotes de cada tipo de fruta, foram submetidas a avaliação quanto à presença e ao teor de ácidos fenólicos em sistema de cromatografia líquida ultra rápido acoplada ao detector de arranjo de diodos (CLUR-DAD).

Para identificação, foram utilizados cinco padrões de ácidos fenólicos (Figura 23 a Figura 28), dos quais foram obtidas curvas de calibração para quantificação do teor de cada composto nas polpas estudadas: ácido gálico ($Y = 5E+06X + 16.831 / R^2: 0,9971$), ácido protocatecúico ($Y = 4E+07X - 25.732 / R^2: 0,9998$), ácido vanílico ($Y = 3,9E+06X - 2.174 / R^2: 0,9997$), ácido *p*-cumárico ($Y = 2E+07X - 957,4 / R^2: 0,9997$) e ácido caféico ($Y = 2E+07X - 7.878,8 / R^2: 0,9989$). O monitoramento foi realizado nos seguintes comprimentos de onda: 254 nm, 280 nm e 325 nm. Os cromatogramas referentes aos padrões de ácidos fenólicos são apresentados na Figura 29.

Considerando as particularidades de ocorrência e extração dos ácidos fenólicos, foram obtidas três frações: os ácidos fenólicos livres (AFS), os ácidos fenólicos esterificados solúveis (AFES) e os ácidos fenólicos esterificados insolúveis (AFEI).

Os resultados obtidos da identificação e a quantificação dos ácidos fenólicos presentes nas frações AFS, AFES e AFEI correspondentes às polpas de acerola e caju, *in natura* e pasteurizadas pelos métodos, rápido e lento, estão apresentados na Tabela 49 a Tabela 53. O ácido vanílico não foi identificado em nenhuma das frações extraídas das polpas de frutas estudadas; enquanto, o ácido *p*-cumárico foi detectado tanto na polpa de acerola (AFES), como na polpa de caju (AFES / AFS).

Constata-se que a polpa de acerola apresentou maior variedade de ácidos fenólicos identificados (ácido protocatecúico, *p*-cumárico e caféico), quando comparada com a polpa de caju (ácido gálico e *p*-cumárico). No entanto, a polpa de caju se destacou pelos teores apresentados, principalmente de ácido gálico, sendo bem mais expressivos que os determinados na polpa de acerola. Yeh & Yeh (2006) cita que entre todos os ácidos hidroxibenzóicos presentes nos vegetais, o ácido gálico é o que apresenta maior efetividade na inativação do radical ABTS. Neste trabalho, não foi possível avaliar essa afirmativa, visto que, a atividade antioxidante foi determinada a partir de extratos de compostos fenólicos totais, não sendo considerada a atividade dos compostos de forma individualizada.



Figura 23. Espectro de absorção do ácido gálico por CLUR-DAD.



Figura 24. Espectro de absorção do ácido protocatecúico por CLUR-DAD.

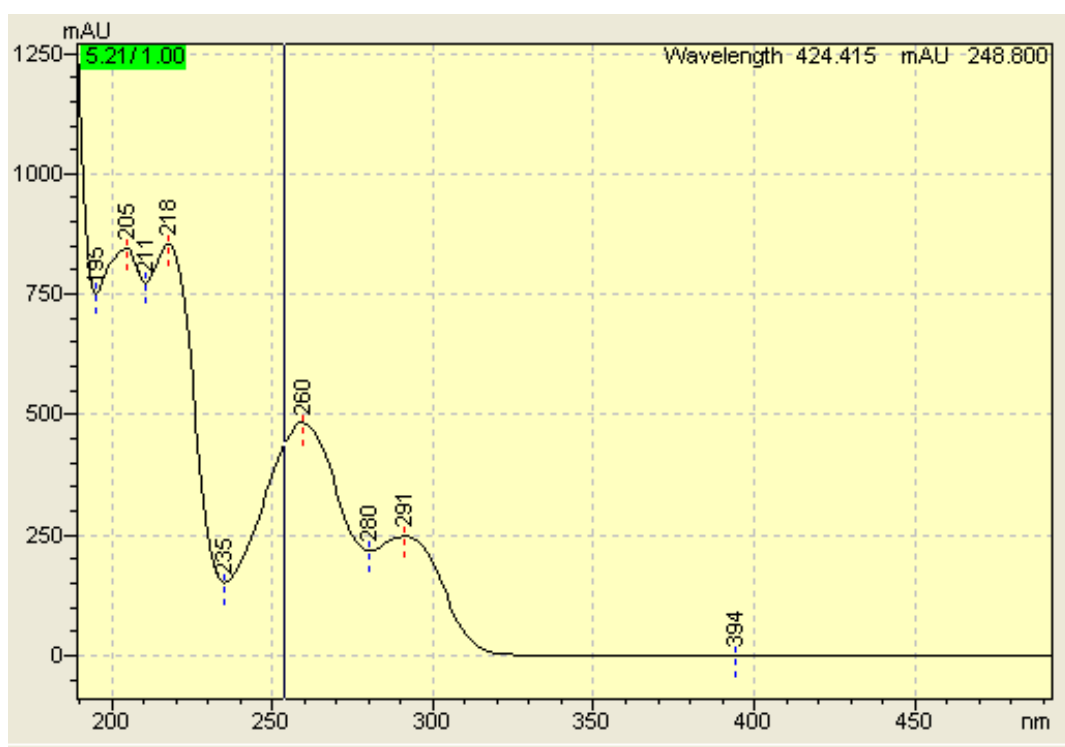


Figura 25. Espectro de absorção do ácido vanílico por CLUR-DAD.

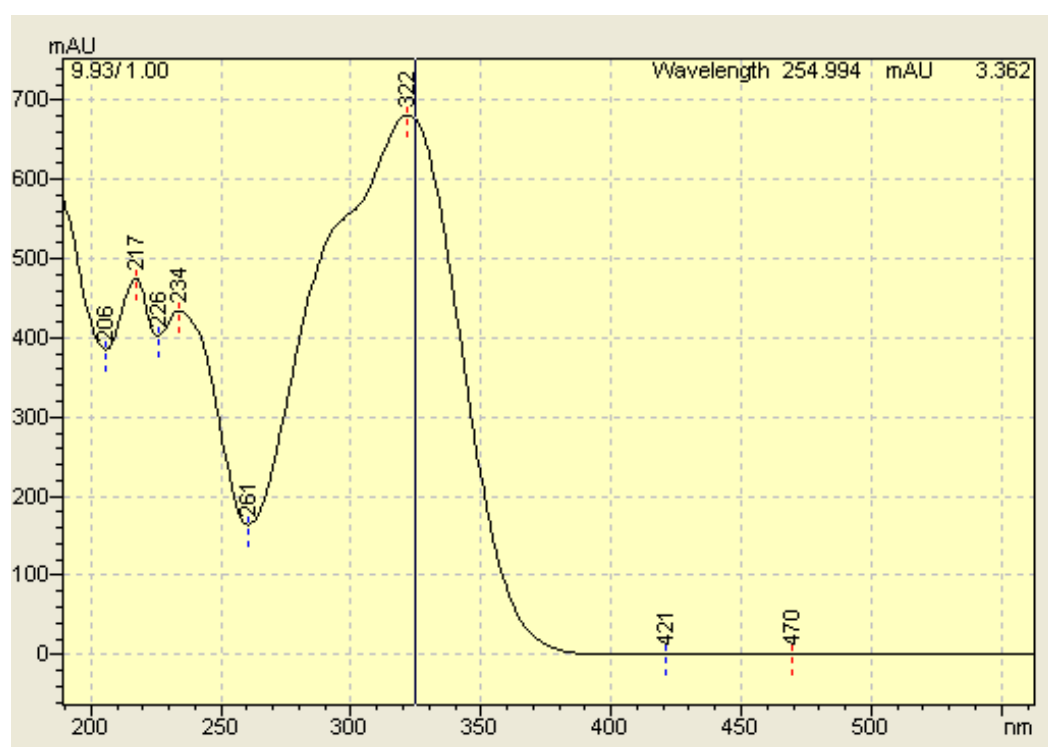


Figura 26. Espectro de absorção do ácido ferúlico por CLUR-DAD.

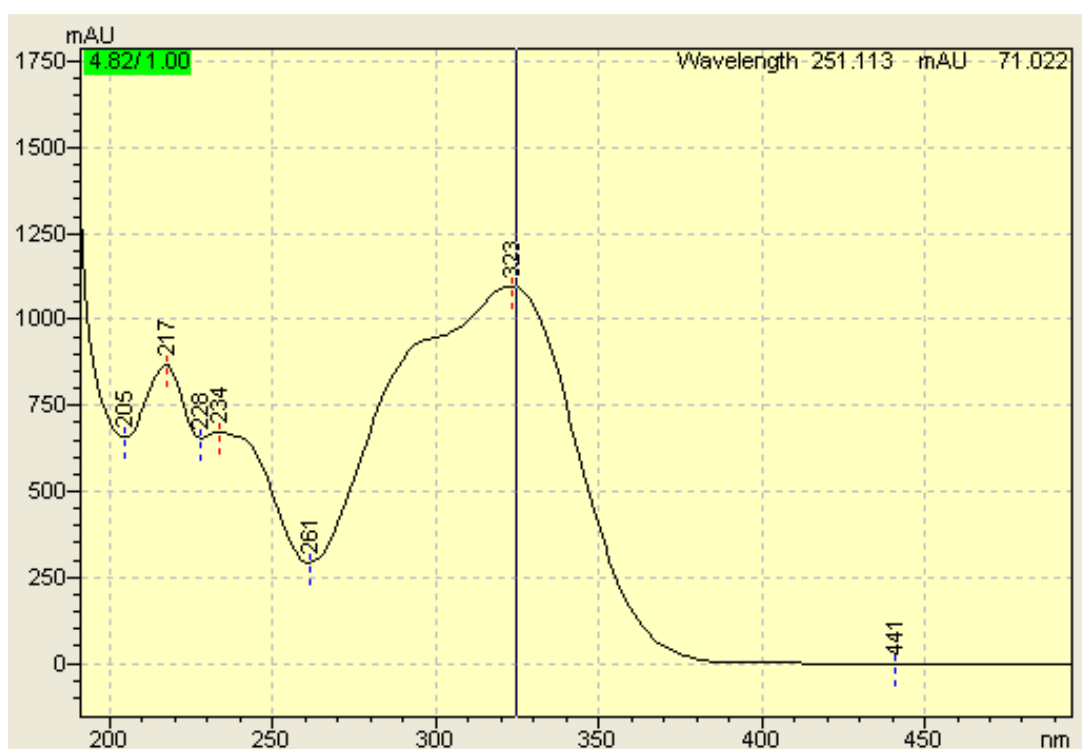


Figura 27. Espectro de absorção do ácido caféico por CLUR-DAD.

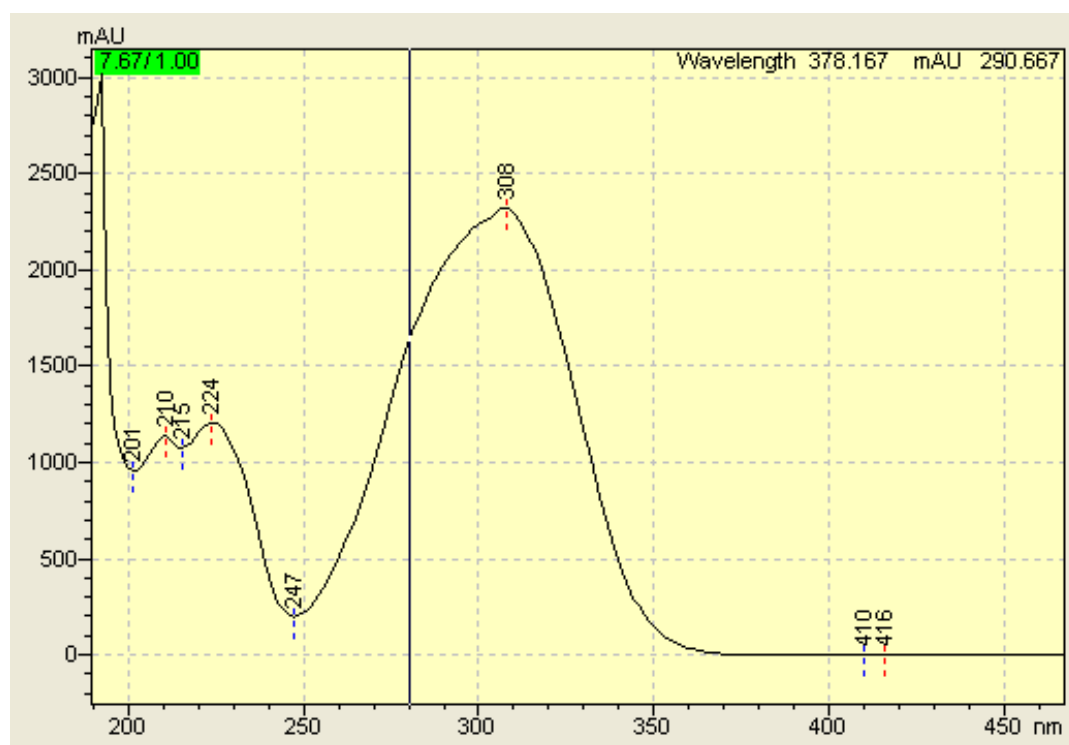


Figura 28. Espectro de absorção do ácido *p*-cumárico CLUR-DAD.

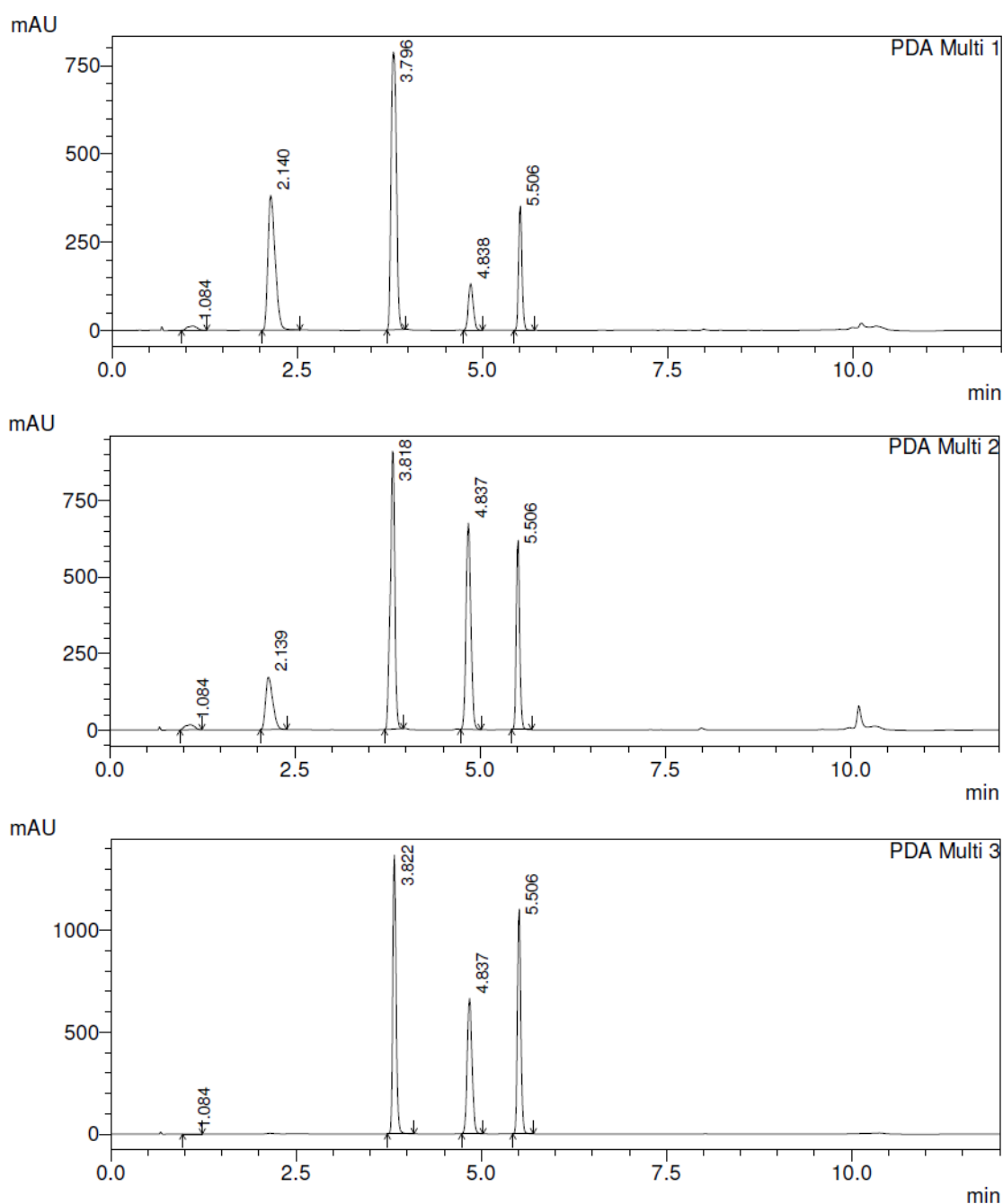


Figura 29. Cromatogramas representativos de padrões de ácidos fenólicos monitorados a 254 nm, 270 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm (PDA Multi 1): ácido gálico (1,084 min.), ácido protocatecúico (2,140 min.), ácido vanílico (3,796 min.), ácido *p*-cumárico (4,838 min.) e ácido caféico (5,506 min.). 280 nm (PDA Multi 2): ácido gálico (1,084 min.), ácido protocatecúico (2,139 min.), ácido vanílico (3,818 min.), ácido *p*-cumárico (4,837 min.) e ácido caféico (5,506 min.). 325 nm (PDA Multi 3): ácido gálico (1,084 min.), ácido vanílico (3,822 min.), 4 = ácido *p*-cumárico (4,837 min.) e ácido caféico (5,506 min.).

Tabela 49. Teor de ácido gálico (mg.100g⁻¹), valores expressos em base seca (média ± desvio padrão), das polpas de acerola e caju, *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Caju		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	TR	TR	TR
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	4,30 ± 0,01 ^c	11,69 ± 0,03 ^b	24,34 ± 0,19 ^a
Lote 02	AFS	0,11 ± 0,00 ^a	TR	0,06 ± 0,01 ^b
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	6,18 ± 0,14 ^c	19,98 ± 0,09 ^a	13,41 ± 0,27 ^b
Lote 03	AFS	TR	TR	TR
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	2,12 ± 0,02 ^c	6,57 ± 0,26 ^b	13,99 ± 0,04 ^a

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

TR – Traços: correspondem à detecção do composto em teor não quantificável.

ND – Composto não detectado.

Tabela 50. Teor de ácido protocatecúico (mg.100g⁻¹), valores expressos em base seca (média ± desvio padrão), das polpas de acerola e caju, *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,20 ± 0,00 ^a	TR	0,17 ± 0,00 ^b
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,13 ± 0,00 ^b	0,16 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,00 ^c
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,08 ± 0,00 ^c	0,20 ± 0,00 ^a	0,12 ± 0,00 ^b
	AFEI	ND	ND	ND
Caju		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

TR – Traços: correspondem à detecção do composto em teor não quantificável.

ND – Composto não detectado.

Tabela 51. Teor de ácido vanílico (mg.100g⁻¹), valores expressos em base seca (média ± desvio padrão), das polpas de acerola e caju, *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Caju		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND

ND – Composto não detectado.

Tabela 52. Teor de ácido *p*-cumárico (mg.100g⁻¹), valores expressos em base seca (média ± desvio padrão), das polpas de acerola e caju, *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,24 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,00 ^c	0,20 ± 0,00 ^b
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,12 ± 0,01 ^b	0,12 ± 0,00 ^b	0,17 ± 0,00 ^a
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,05 ± 0,00 ^c	0,16 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,00 ^b
	AFEI	ND	ND	ND
Caju		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	0,01 ± 0,00	ND	ND
	AFES	0,03 ± 0,00 ^b	0,05 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,00 ^a
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	0,01 ± 0,00	ND	ND
	AFES	0,04 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,00 ^a
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,05 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,00 ^b	0,04 ± 0,00 ^b
	AFEI	ND	ND	ND

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (p≤0,05).

ND – Composto não detectado.

Tabela 53. Teor de ácido caféico (mg.100g⁻¹), valores expressos em base seca (média ± desvio padrão), das polpas de acerola e caju, *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,25 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,00 ^c	0,20 ± 0,00 ^b
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,13 ± 0,00 ^c	0,14 ± 0,00 ^b	0,17 ± 0,00 ^a
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,08 ± 0,00 ^c	0,19 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,00 ^b
	AFEI	ND	ND	ND
Caju		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	ND	ND	ND
	AFEI	ND	ND	ND

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

ND – Composto não detectado.

A Figura 30 a Figura 35 mostram os cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis (AFS), extraídos das polpas de acerola e caju *in natura* e pasteurizadas. Nesta fração, os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados na polpa de acerola, mas foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (catequina e quercetina). Na fração extraída da polpa de caju, foi identificada a presença dos ácidos, gálico (254 nm) e *p*-cumárico (325 nm).

Em relação ao efeito do tratamento térmico no teor de ácido gálico presente na fração de ácidos fenólicos solúveis da polpa de caju, foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) apenas no teor apresentado pela polpa referente as frutas maduras, sendo observado redução de $0,11 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (polpa *in natura*) para $0,06$ (polpa pasteurizada *LTLT*), nos demais lotes de polpas (frutas verdes e em estágio de maturação avançado) *in natura* e/ou pasteurizadas (*HTLT/LTLT*) verificou-se a presença apenas de traços do composto. O ácido *p*-cumárico foi detectado apenas nos lotes de polpa referente às frutas verdes e maduras na forma *in natura*; nos demais lotes e/ou tratamento (*HTLT/LTLT*), o composto não foi detectado.

A Figura 36 a Figura 41 mostram os cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis (AFES), extraídos das polpas de acerola e caju *in natura* e pasteurizadas. Nessas condições, os ácidos protocatecúico (254 nm), *p*-cumárico (325 nm) e caféico (325 nm) foram detectados na polpa de acerola, enquanto a fração extraída da polpa de caju apresentou apenas o ácido *p*-cumárico (325 nm).

Quanto ao efeito da pasteurização, o teor de ácido protocatecúico presente na fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis da polpa de acerola foi observado redução de quase 100% na polpa referente ao lote 01, quando pasteurizada pelo método rápido e de 15% e 46%, nos lotes 01 e 03, respectivamente, quando foi aplicado o método lento. Nas polpas referentes aos lotes 02 e 03, observou-se aumento de 23% e 150%, respectivamente, quando pasteurizada pelo método rápido, e de 50%, no lote 03, pasteurizado pelo método lento.

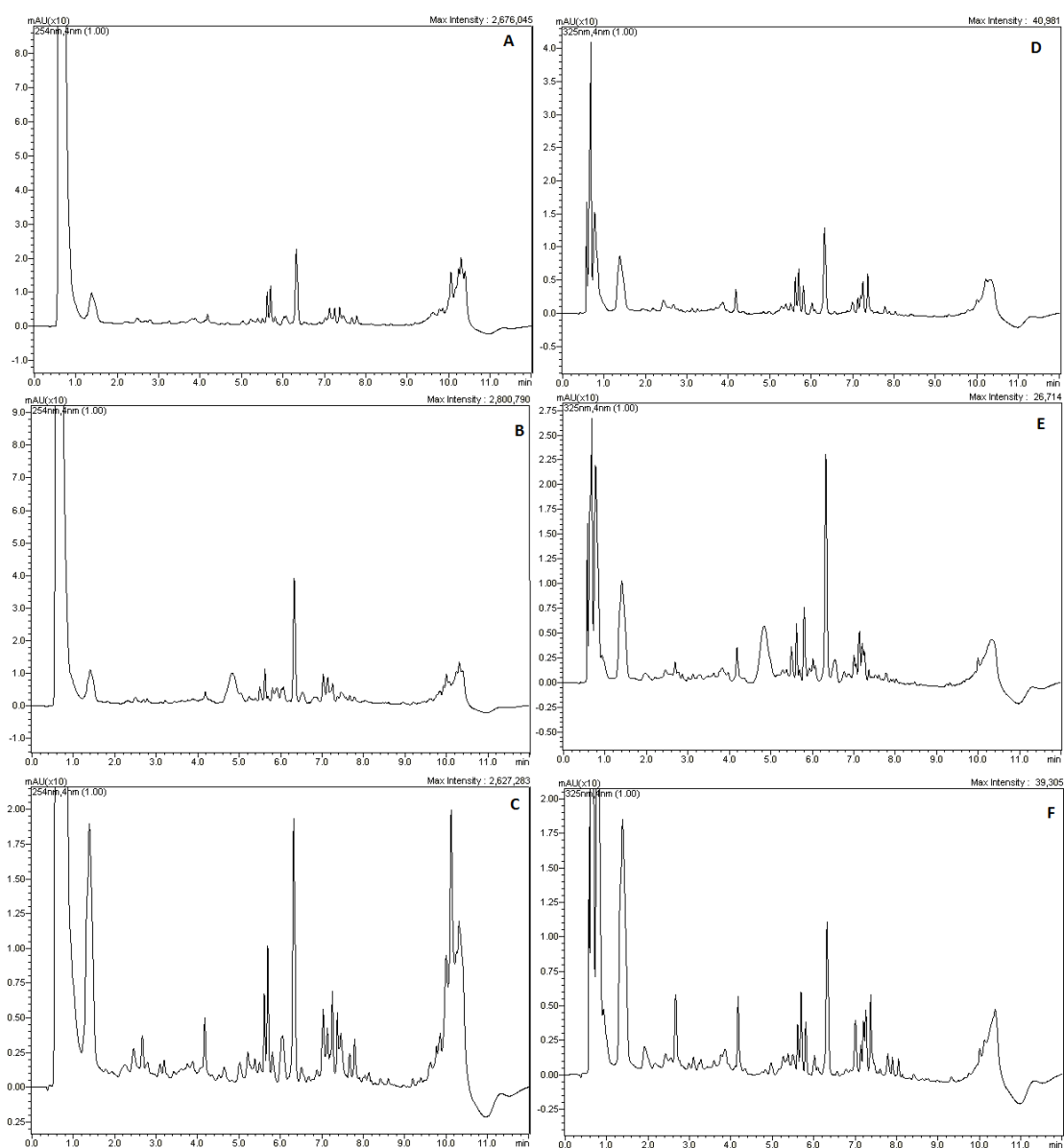


Figura 30. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de acerola *in natura*, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).

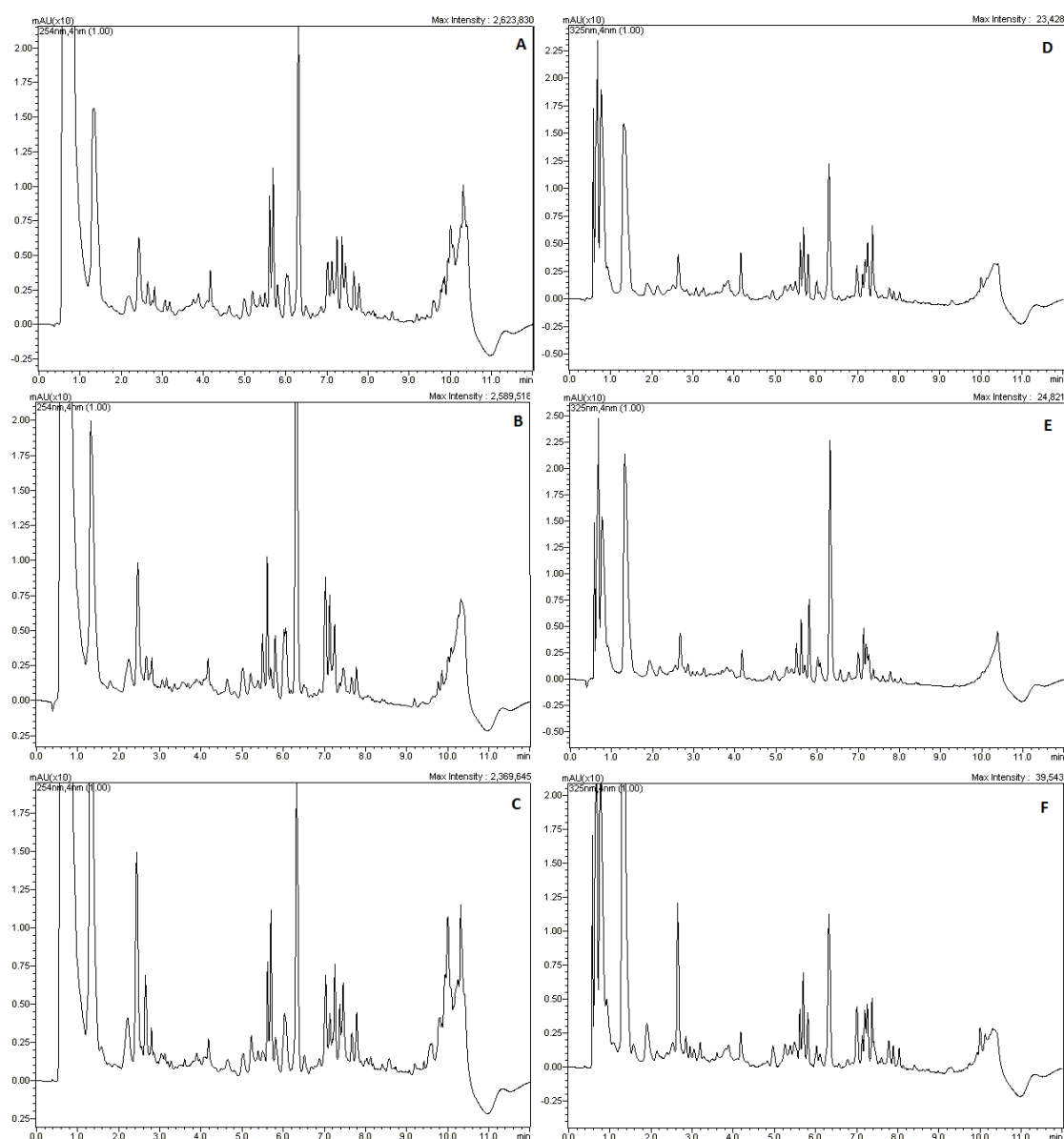


Figura 31. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).

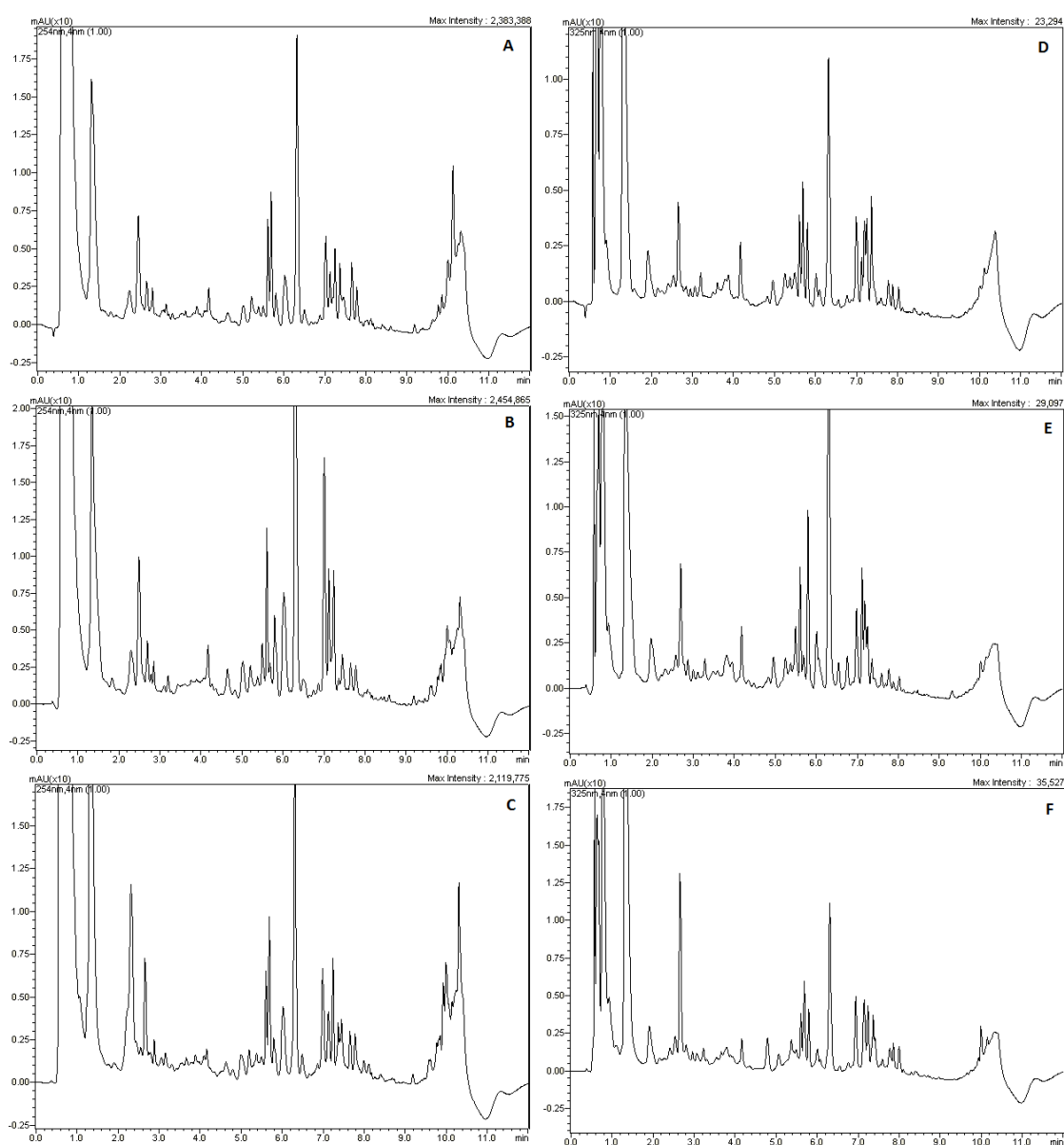


Figura 32. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método lento, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).

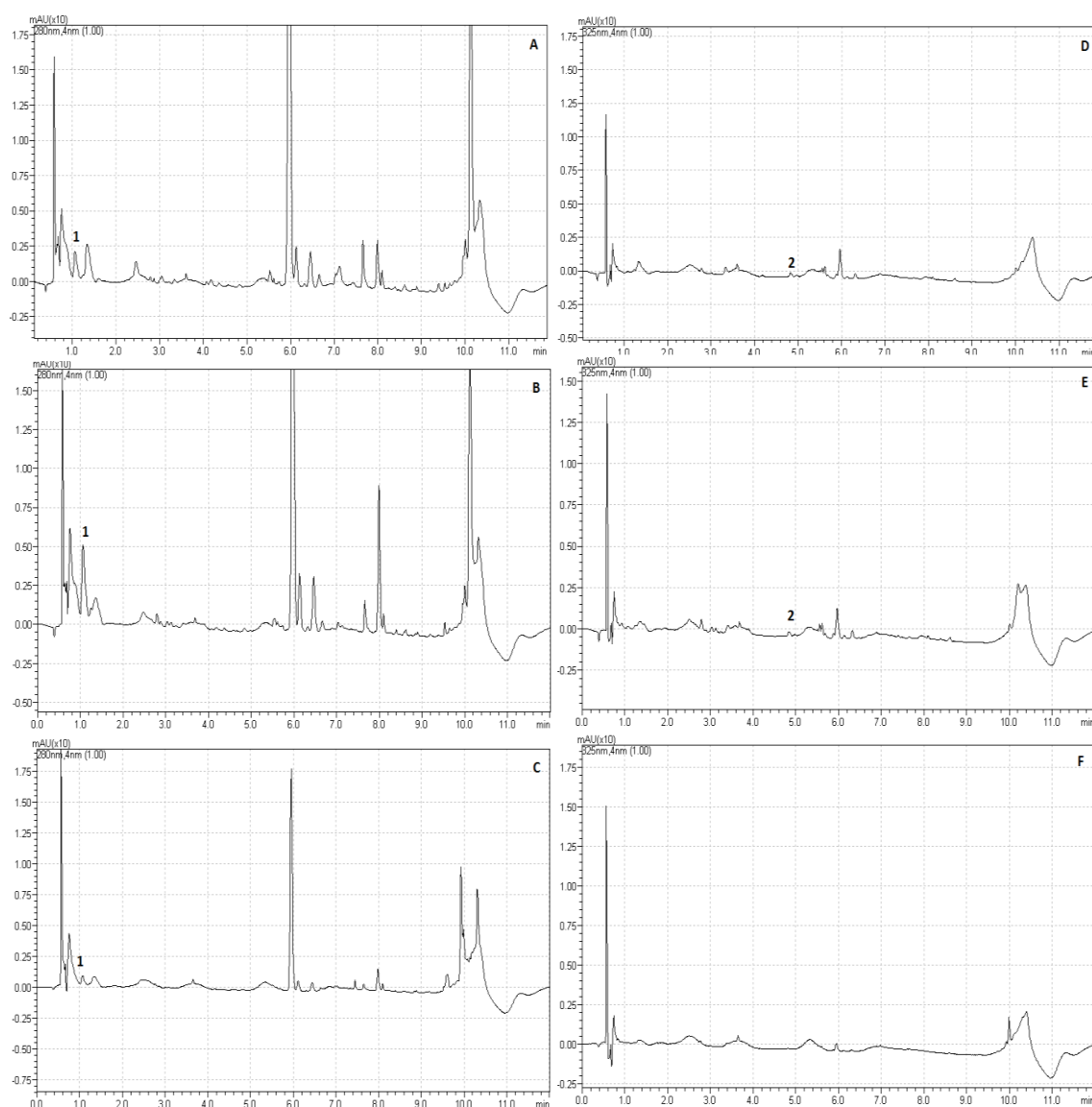


Figura 33. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de caju *in natura*, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (2); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (2); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).

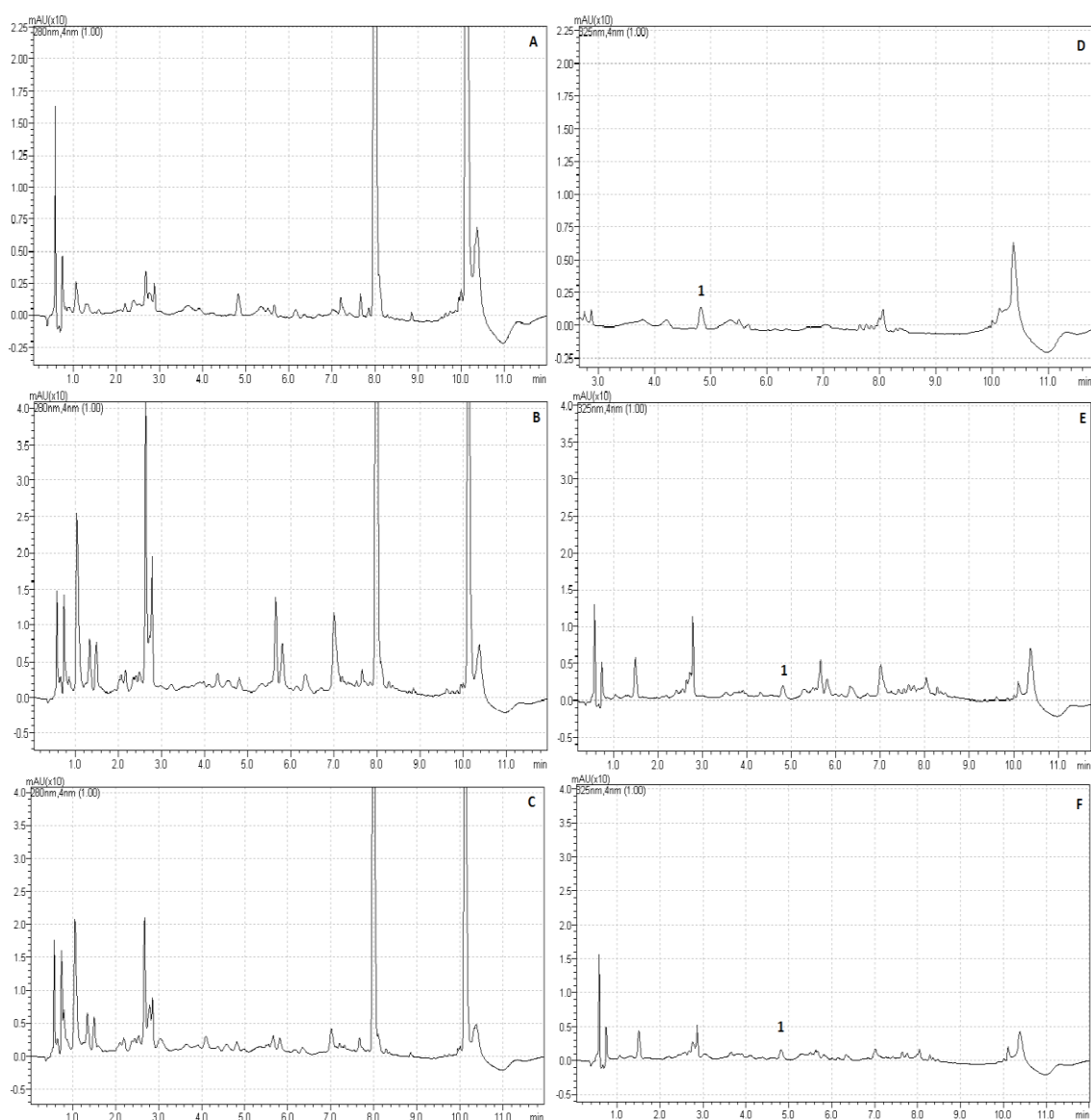


Figura 34. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (1); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (1); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (1). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).

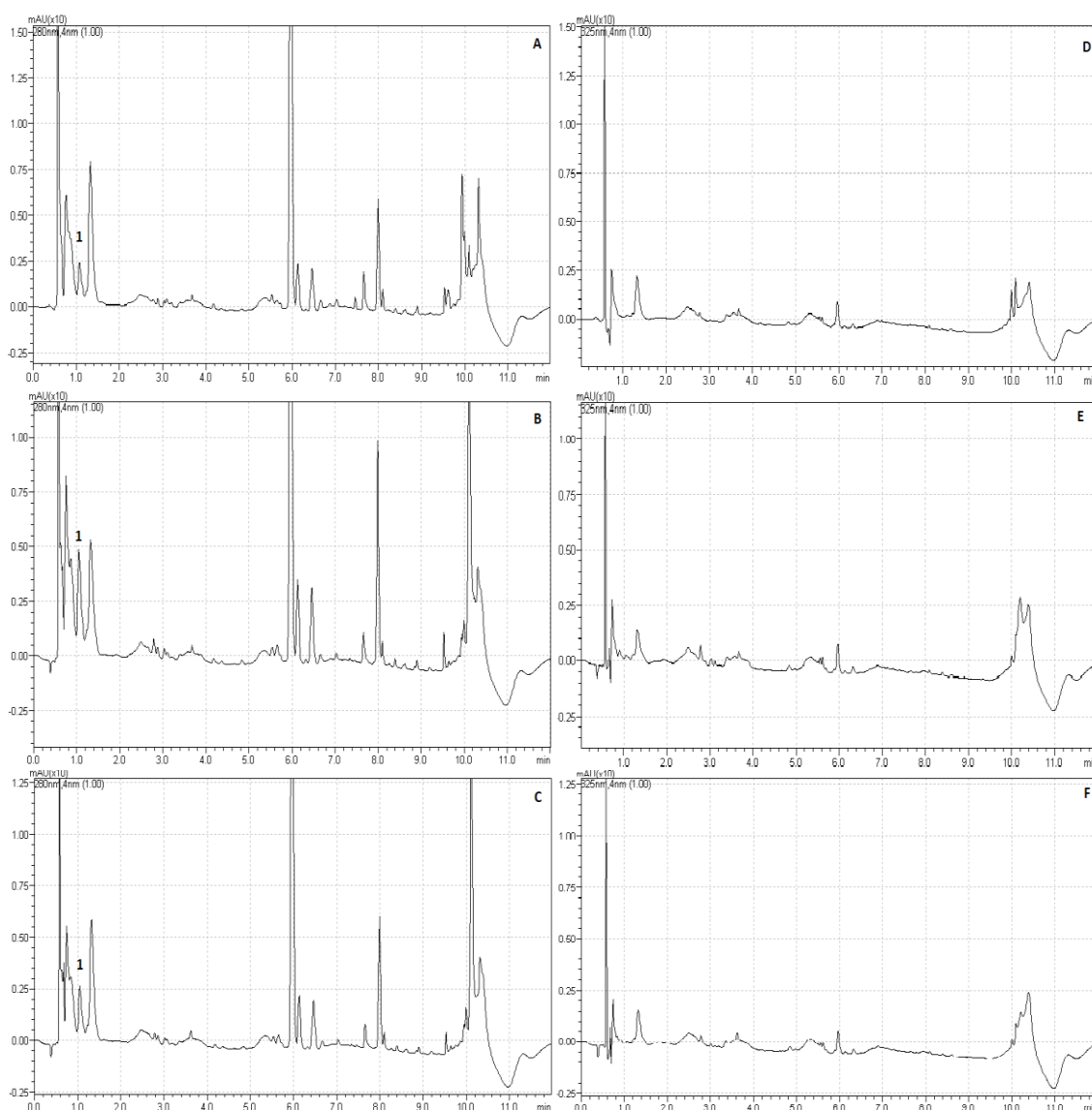


Figura 35. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos solúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método lento, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e Quercetina).

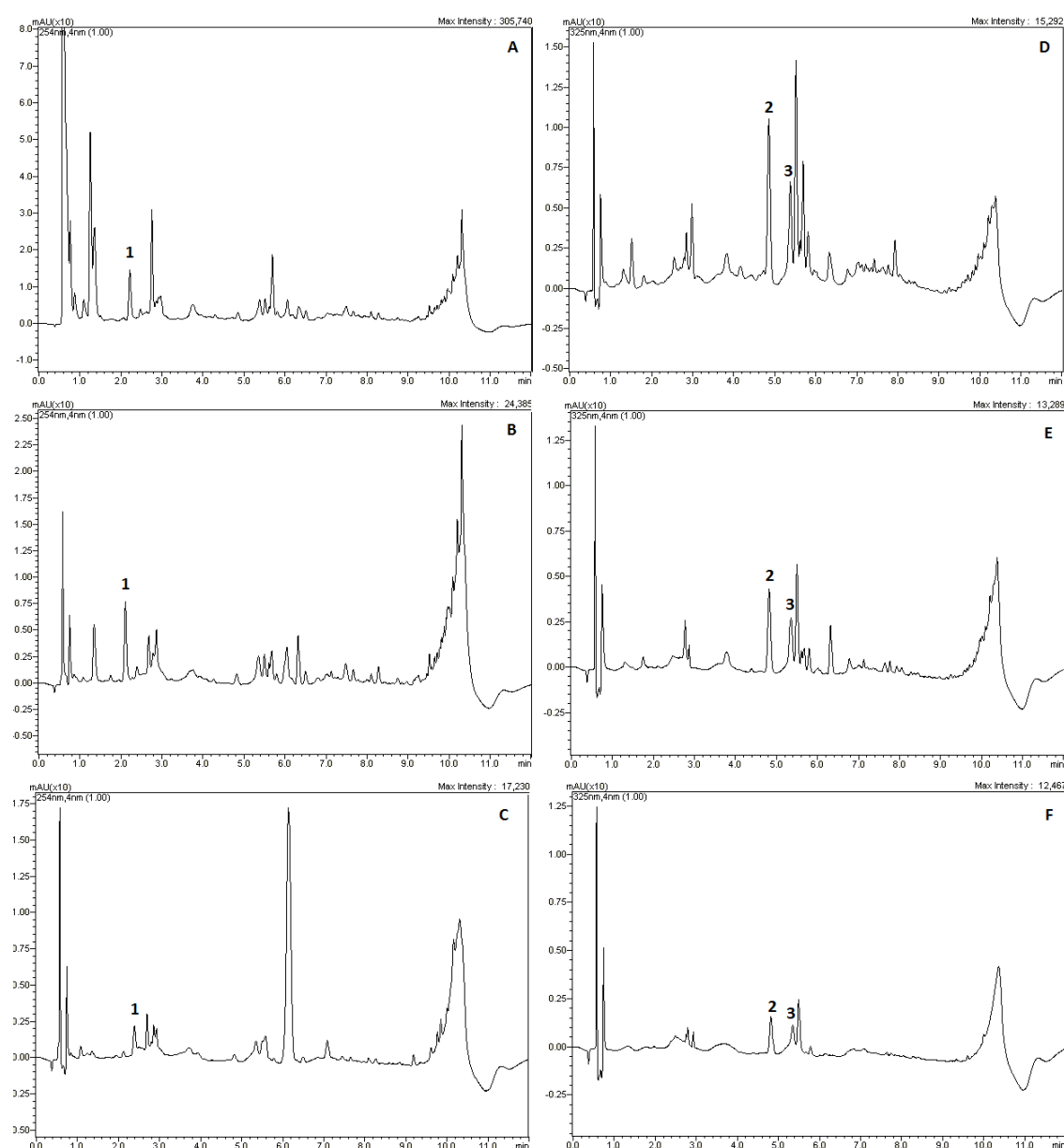


Figura 36. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de acerola *in natura*, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A) - ácido protocatecúico (1); lote 02 (B) - ácido protocatecúico (1); lote 03 (C) - ácido protocatecúico (1). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

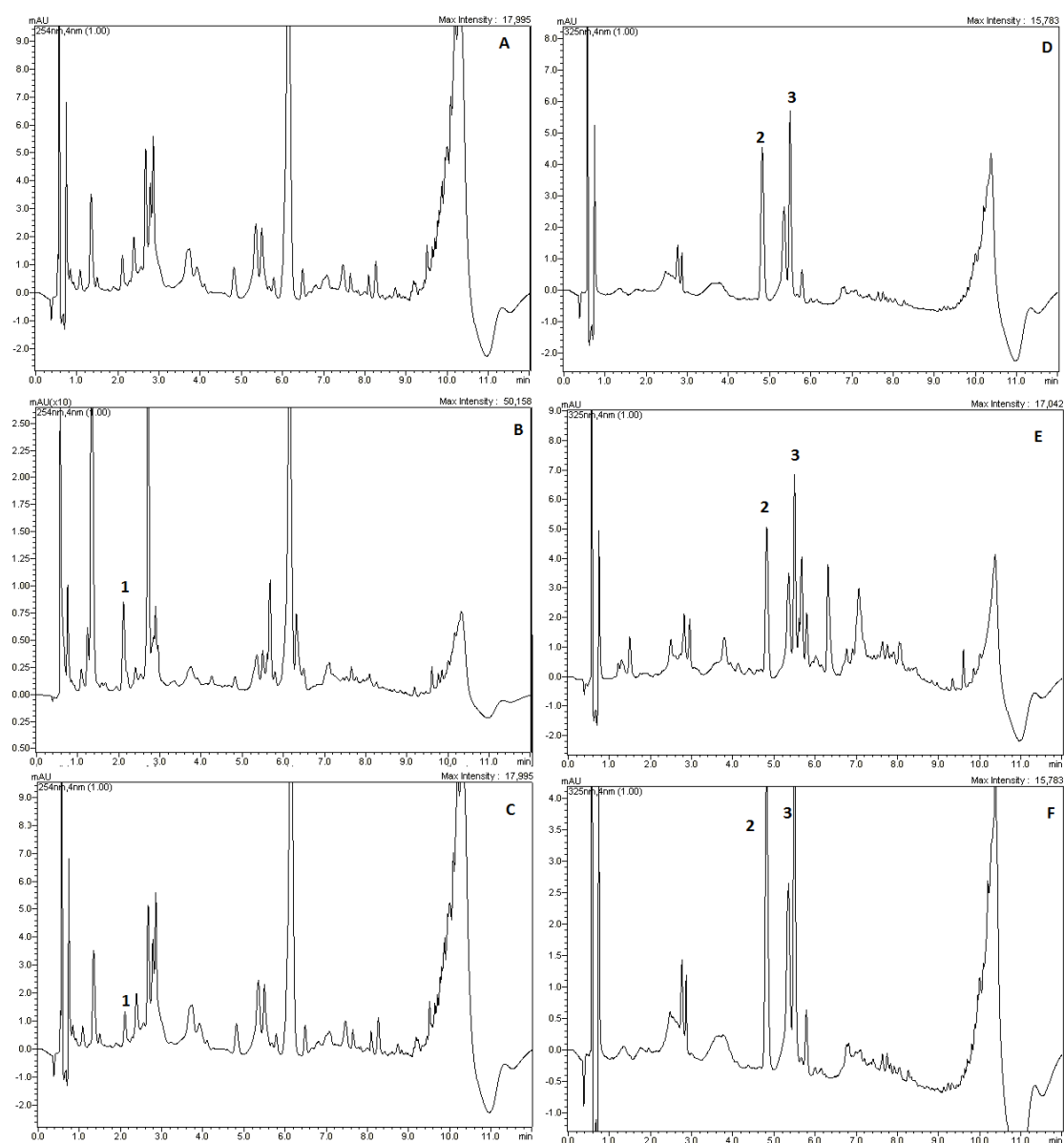


Figura 37. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A) - ácido protocatecúico (1); lote 02 (B) - ácido protocatecúico (1); lote 03 (C) - ácido protocatecúico (1). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

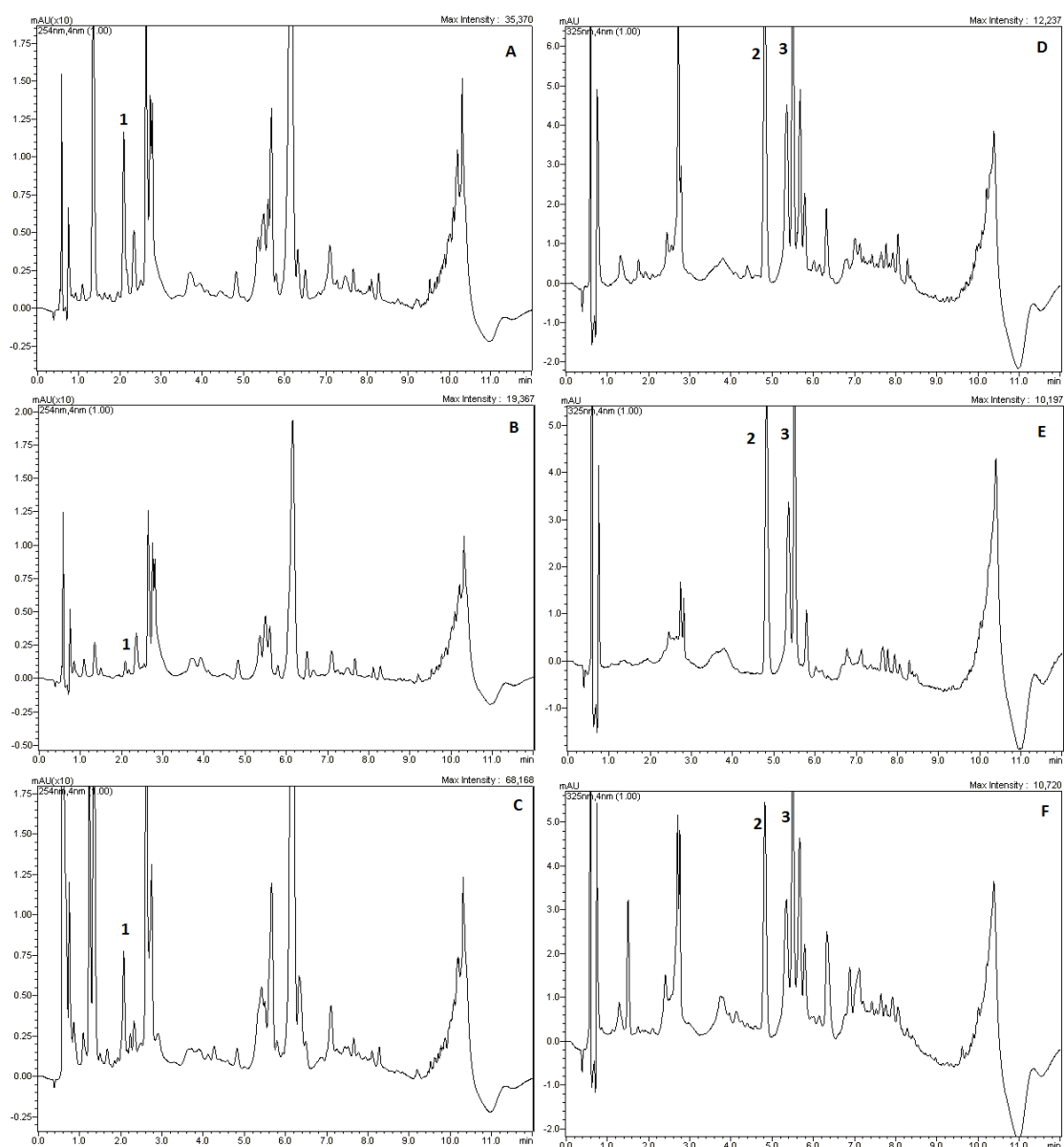


Figura 38. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método lento, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A) - ácido protocatecúico (1); lote 02 (B) - ácido protocatecúico (1); lote 03 (C) - ácido protocatecúico (1). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (2) e ácido caféico (3). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

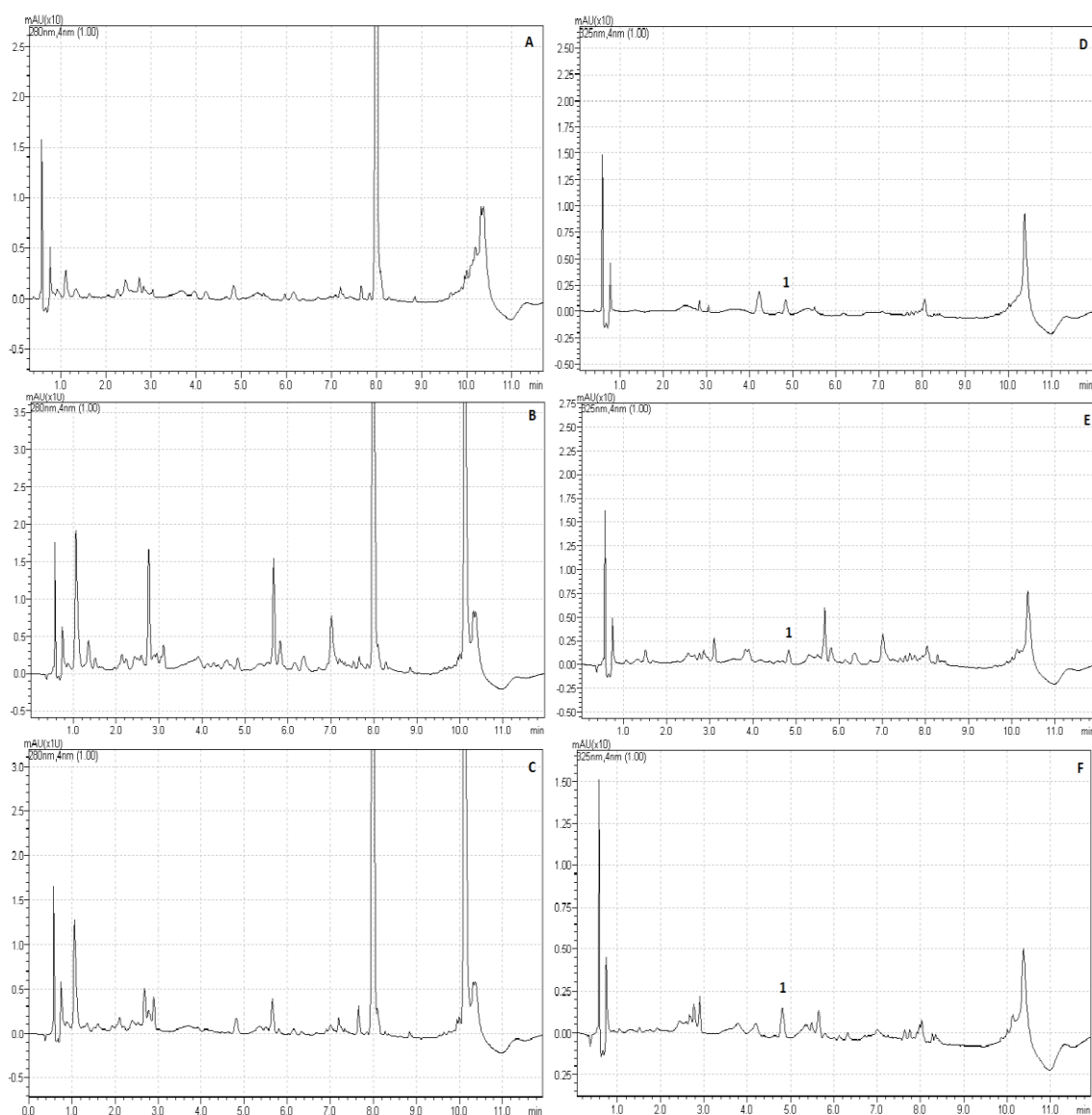


Figura 39. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de caju *in natura*, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (1); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (1); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (1). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

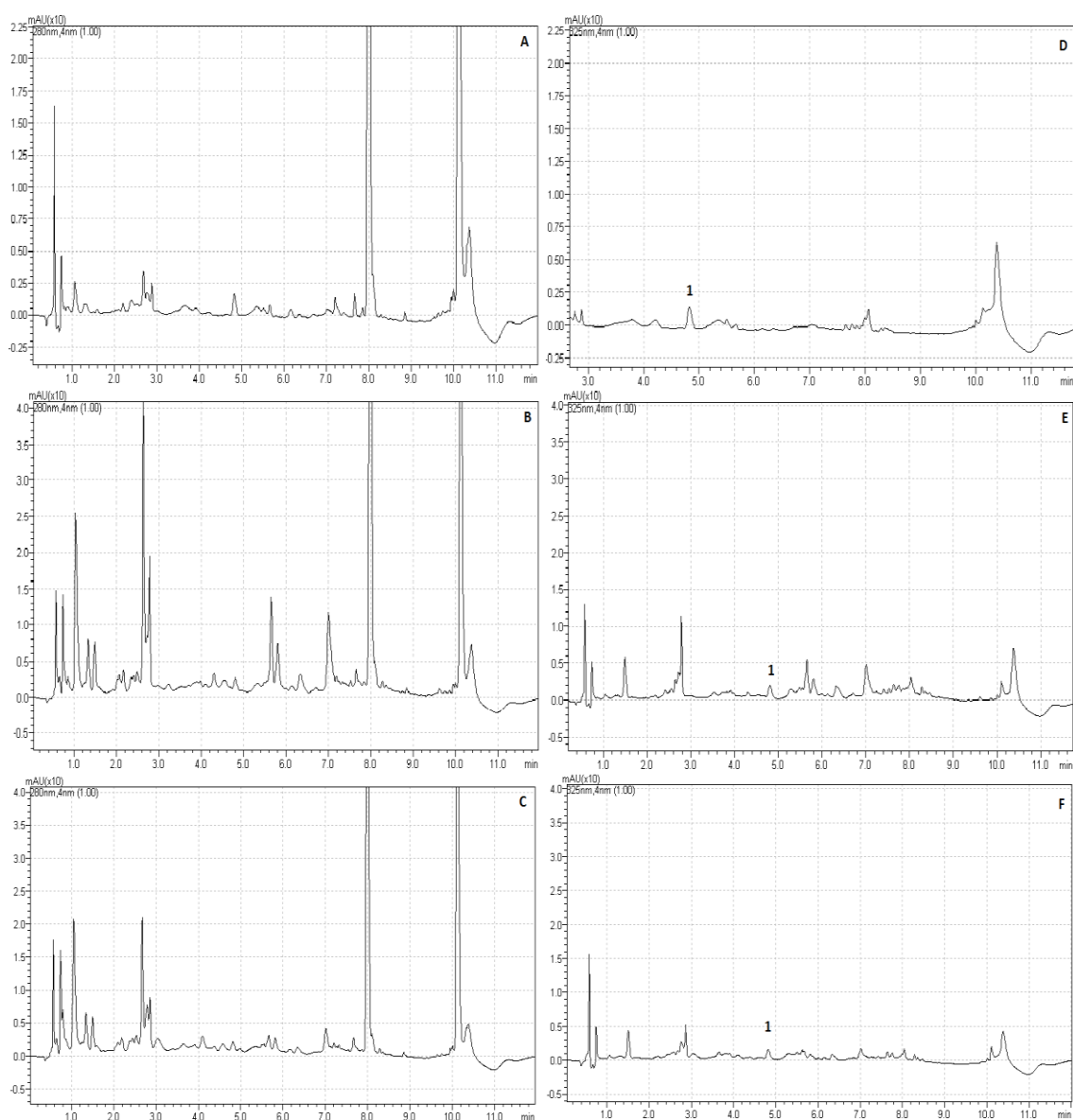


Figura 40. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (1); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (1); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (1). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

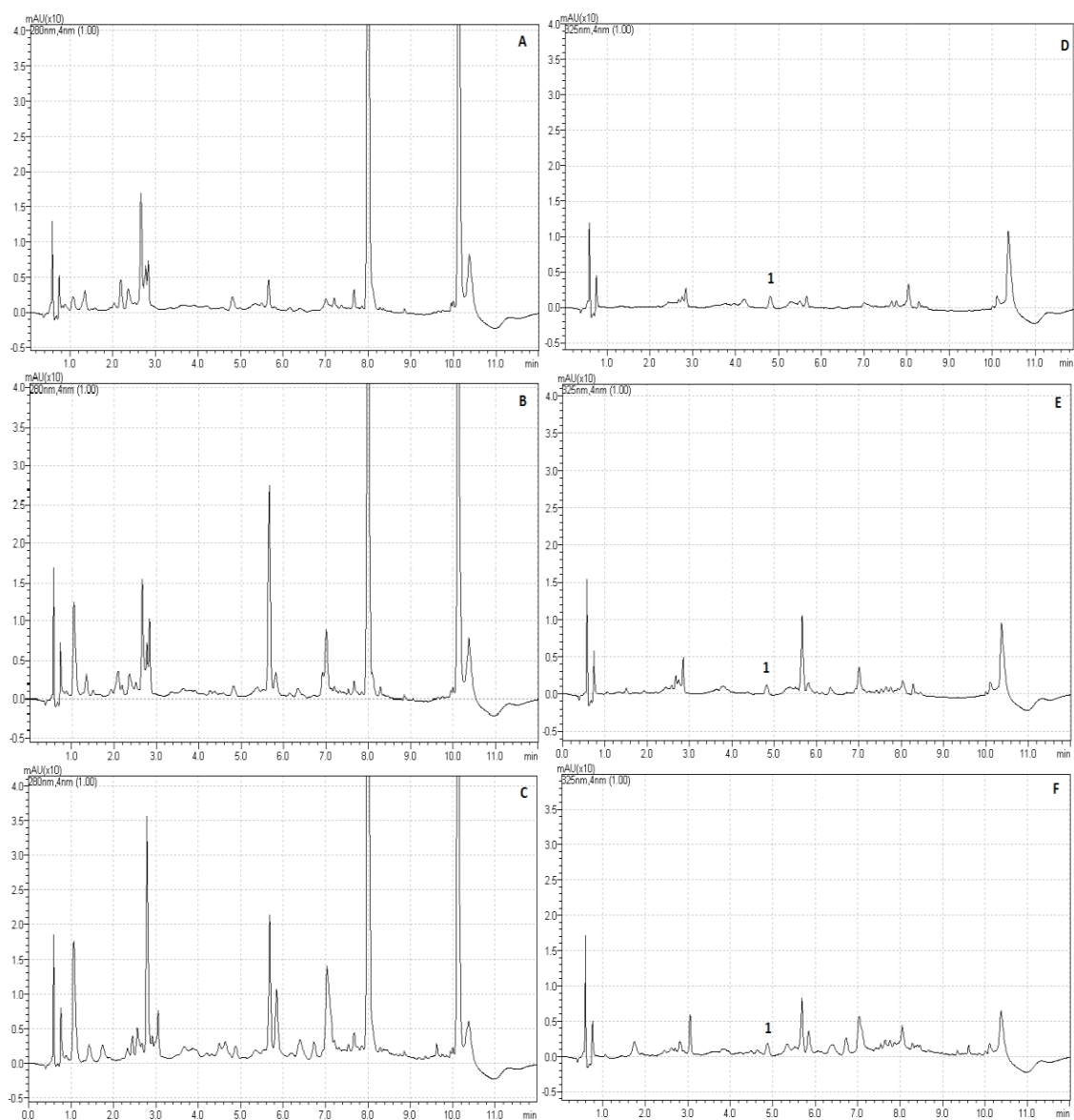


Figura 41. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método lento, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D) - ácido *p*-cumárico (1); lote 02 (E) - ácido *p*-cumárico (1); lote 03 (F) - ácido *p*-cumárico (1). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

O teor de ácido *p*-cumárico presente na fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis da polpa de acerola pasteurizada pelo método rápido apresentou redução de 45% (Lote 01), não sofreu alteração na polpa referente ao lote 02 e aumento de 220% (Lote 03). Quando pasteurizada pelo método lento foi observado uma redução de 17% (Lote 01) e aumentos de 41% e 180%, nos lotes 02 e 03, respectivamente, enquanto, o teor de ácido *p*-cumárico presente na fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis da polpa de caju pasteurizada pelos métodos, rápido e lento, apresentou aumento de 66% na polpa de frutas verdes, não sofreu alteração na polpa de frutas maduras e redução de 20% na polpa de frutas em estágio de maturação avançada.

O teor de ácido caféico presente na fração de ácidos fenólicos esterificados solúveis da polpa de acerola pasteurizada pelo método rápido apresentou redução de 44% (Lote 01) e aumento de 7% e 137%, nos lotes 02 e 03, respectivamente. Nas polpas pasteurizadas pelo método lento foi observada uma redução de 20% (Lote 01) e aumento de 30% e 100%, nos lotes 02 e 03, respectivamente.

A Figura 42 a Figura 47 mostram os cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis (AFEI), extraídos das polpas de acerola e caju *in natura* e pasteurizadas. Assim como na fração de ácidos fenólicos solúveis, nessas condições, os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados na fração correspondente a polpa de acerola, sendo identificada a presença de outros compostos fenólicos do grupo dos flavonóides (Catequina e quercetina). Na fração correspondente a polpa de caju, foi identificada a presença do ácido gálico (254 nm) em teores bastante expressivos (Tabela 49).

Os teores de ácido gálico na polpa de caju apresentaram aumento bastante significativos em função do tratamento térmico (Tabela 49). Nas polpas pasteurizadas pelo método rápido o aumento verificado foi de: 171,86% (frutas verdes), 223,30% (frutas maduras) e 209,90% (frutas em maturação avançada); e nas pasteurizadas pelo método lento foi de: 466,05% (frutas verdes), 117,00% (frutas maduras) e 559,90% (frutas em maturação avançada).

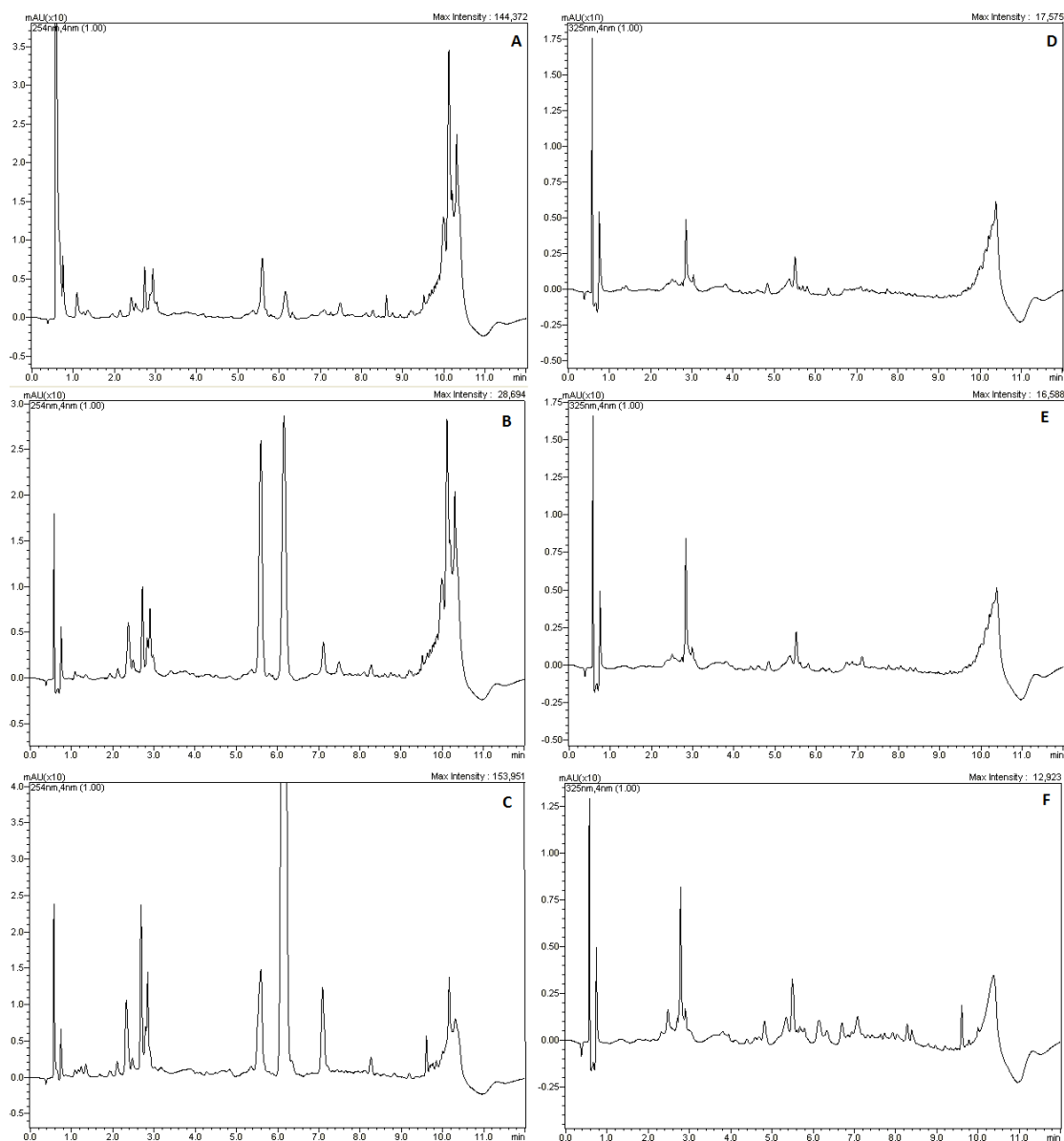


Figura 42. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de acerola *in natura*, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

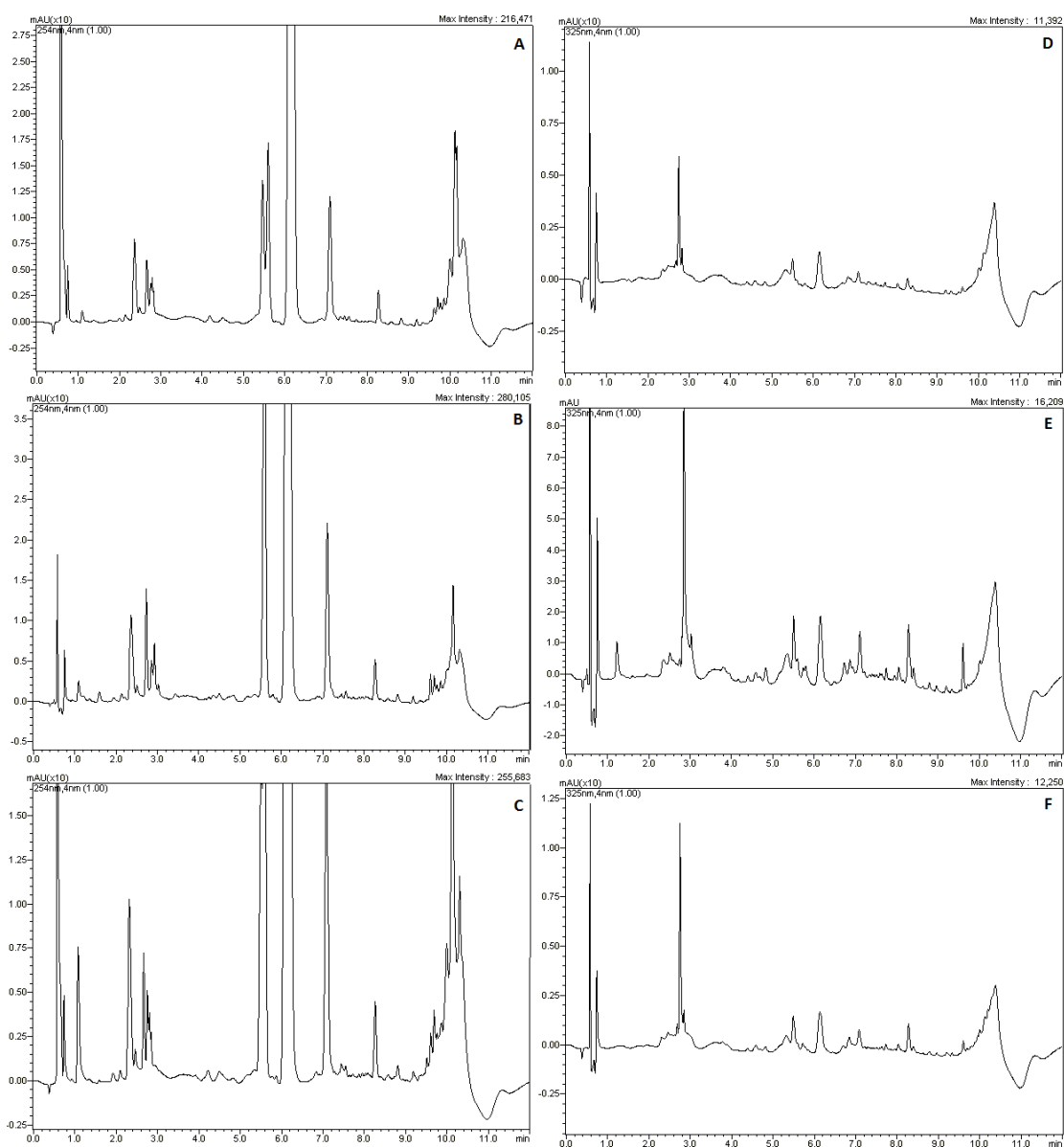


Figura 43. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

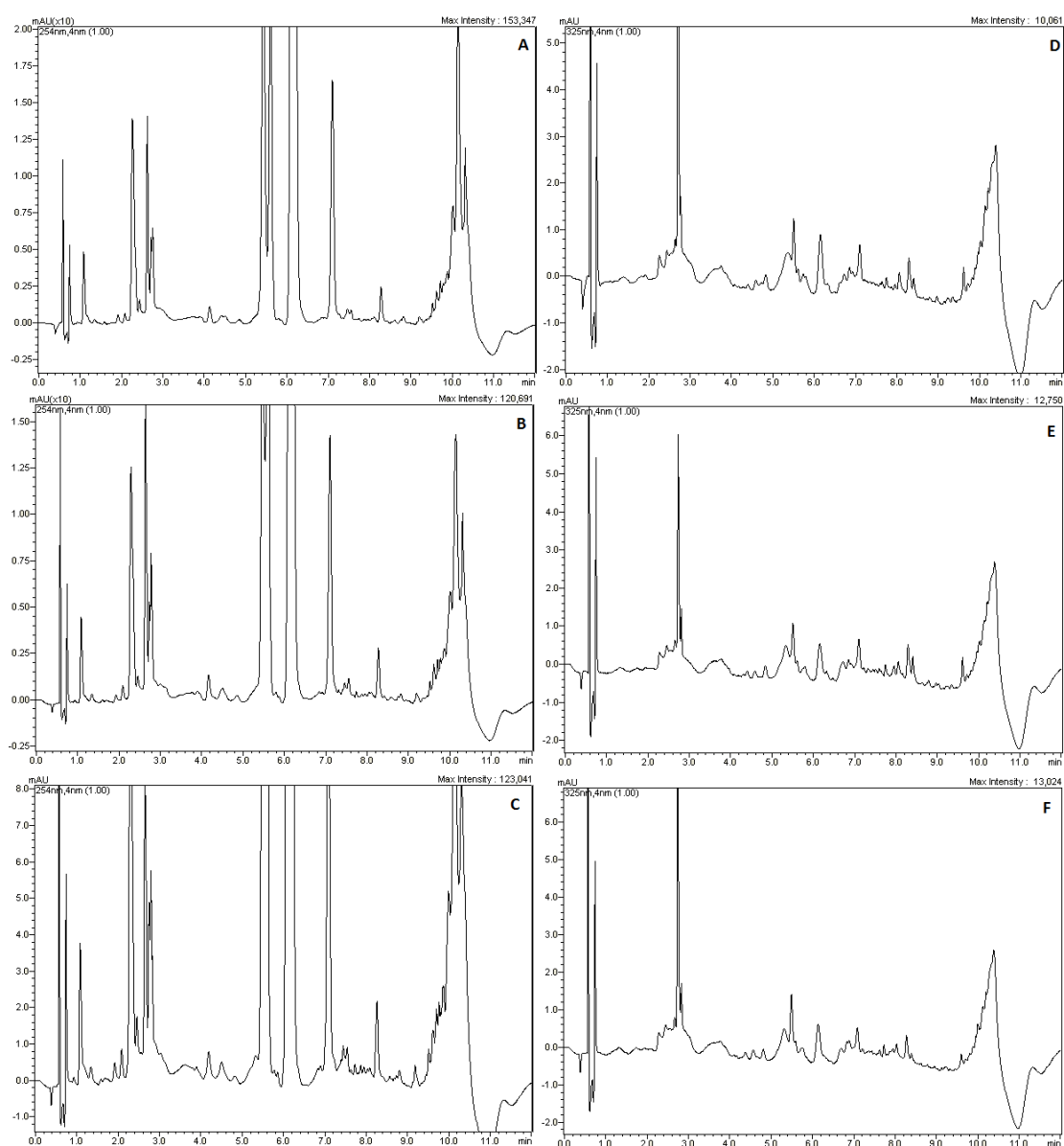


Figura 44. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de acerola pasteurizada pelo método lento, monitorados a 254 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 254 nm: lote 01 (A); lote 02 (B); lote 03 (C). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Os ácidos fenólicos correspondentes aos padrões utilizados para identificação dos compostos não foram detectados nos comprimentos de onda que foram monitorados, mas foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

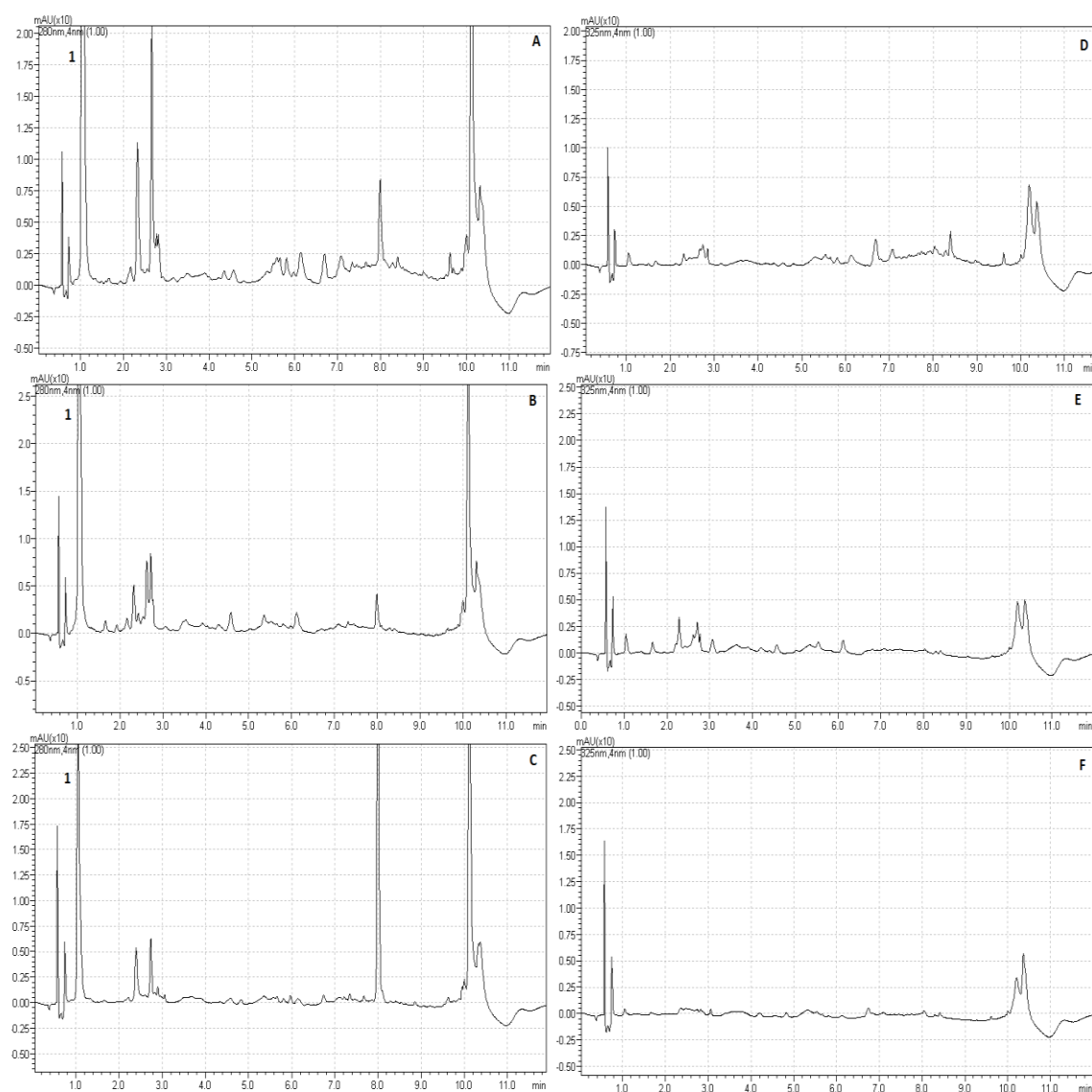


Figura 45. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de caju *in natura*, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

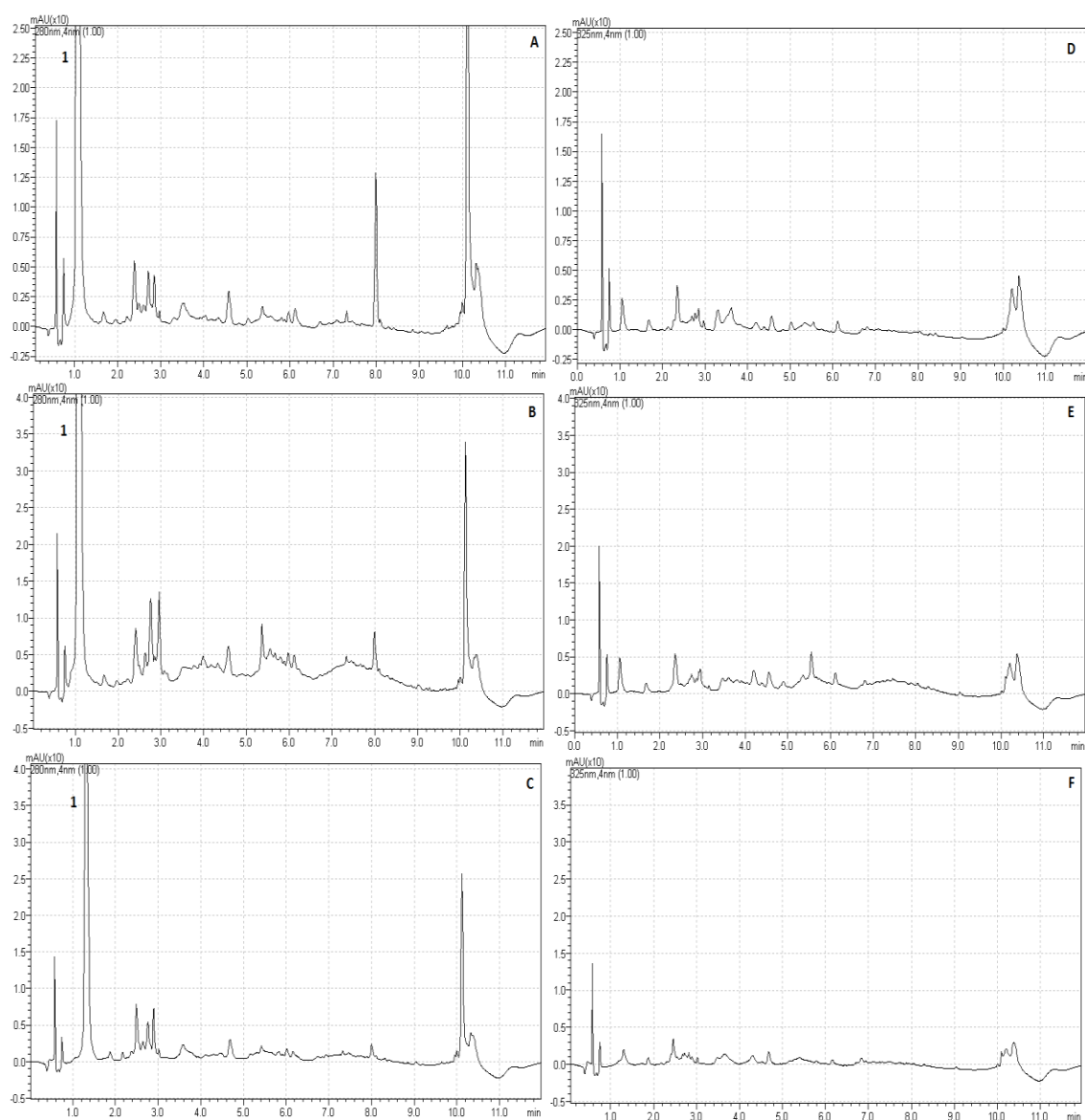


Figura 46. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método rápido, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

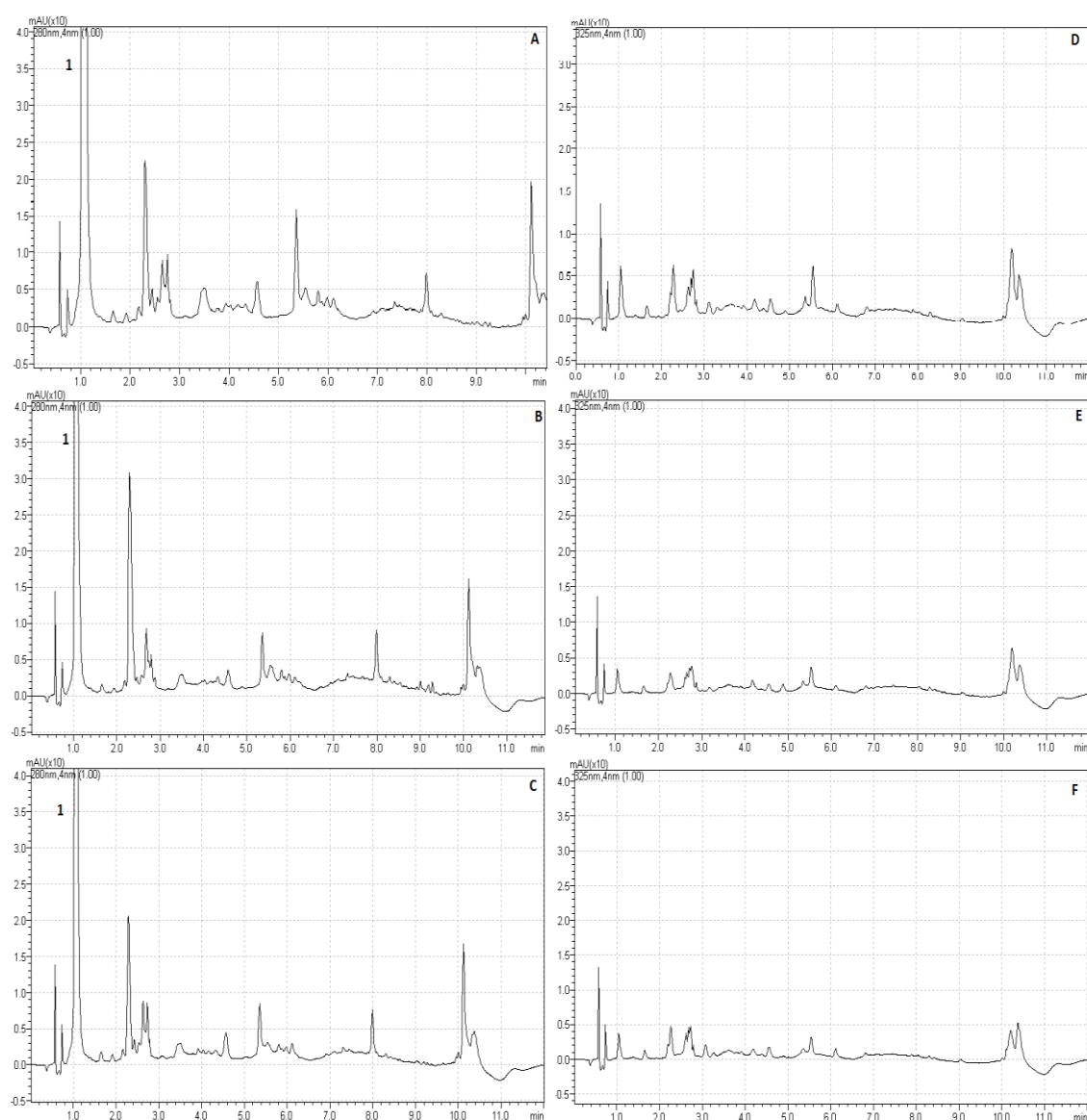


Figura 47. Cromatogramas representativos da fração de ácidos fenólicos esterificados insolúveis, extraídos de polpa de caju pasteurizada pelo método lento, monitorados a 280 nm e 325 nm por CLUR-DAD. 280 nm: lote 01 (A) – ácido gálico (1); lote 02 (B) - ácido gálico (1); lote 03 (C) - ácido gálico (1). 325 nm: lote 01 (D); lote 02 (E); lote 03 (F). Além dos ácidos fenólicos, foi identificada a presença de outro composto fenólico do grupo dos flavonóides (Catequina).

De uma forma geral, avaliando o efeito do tratamento térmico sobre as frações de ácidos fenólicos totais contidos nas polpas de frutas estudadas, constatou-se que a polpa de acerola apresentou redução (Lote 01) e aumento (Lotes 02 e 03), enquanto os teores apresentados pelas polpas de caju apresentaram apenas aumento, em ambos os métodos (Tabela 54 a Tabela 57). Sugere-se que os aumentos verificados são inerentes ao efeito da temperatura sobre os complexos nos quais os ácidos fenólicos participam, levando a liberação dos mesmos, visto que os maiores incrementos obtidos foram nas frações esterificadas, solúveis e insolúveis. Uma vez liberados, estes se tornam susceptíveis à ação da temperatura em sua forma isolada, levando a desordens na molécula a depender da sensibilidade do composto, justificando a redução.

Apesar de tratar-se de polpas obtidas a partir de frutas em estado de maturação semelhante (frutas maduras), a variação apresentada pelos lotes de acerola é justificável, pois cada lote tem uma procedência diferenciada. As condições de cultivo e fatores como o solo, o clima, e a disponibilidade de água influem na biossíntese de metabólitos secundários. Estes compostos são produzidos pelos vegetais como uma resposta ao estresse, ao qual a planta é submetida. Quanto mais áridas as condições para a planta se desenvolver maiores serão os teores desses metabólitos (SIMÕES *et al.*, 2002).

Para avaliação do comportamento apresentado pelos ácidos fenólicos, também deve ser considerada a influência da metodologia de extração, pois uma vez que não foram realizados testes de recuperação com padrões dos ácidos fenólicos, esta pode vir a não apresentar boa repetibilidade e reprodutibilidade. No nível de extração em fase líquida, os teores dos ácidos fenólicos encontrados foram baixos, caracterizando uma maior dificuldade de recuperação destes, sendo aceitável uma variação da ordem de 60 - 120%, o que explica a ampla variação de resultados encontrados. Os testes de recuperação com padrões não foram realizados, visto que não era objetivo deste trabalho avaliar a eficiência da técnica de extração e nem validar a metodologia, não justificando os custos de realização dos mesmos (LANÇAS 2007).

A técnica de extração foi escolhida em função da viabilidade de execução, sendo a extração em fase líquida, a única opção disponível. No entanto, a opção mais adequada seria a extração em fase sólida (SPE), técnica indisponível devido ao seu alto custo. Não foram encontrados trabalhos na literatura que abordassem testes comparativos entre as técnicas de extração citadas.

Tabela 54. Teor de ácidos fenólicos totais (mg.100g⁻¹), valores expressos em base seca, das polpas de acerola, *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Acerola		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,69 ^a	0,27 ^c	0,57 ^b
	AFEI	ND	ND	ND
	Total	0,69 ^a	0,27 ^c	0,57 ^b
Lote 02	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,38 ^b	0,42 ^a	0,41 ^a
	AFEI	ND	ND	ND
	Total	0,38 ^b	0,42 ^a	0,41 ^a
Lote 03	AFS	ND	ND	ND
	AFES	0,21 ^c	0,55 ^a	0,42 ^b
	AFEI	ND	ND	ND
	Total	0,21 ^c	0,55 ^a	0,42 ^b

Médias obtidas pela soma dos teores de ácidos fenólicos identificados individualmente.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (P≤0,05).

ND – Nenhum dos compostos pesquisados foi detectado.

Tabela 55. Efeito (%) dos métodos de pasteurização – rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*) - nos teores de ácidos fenólicos totais (mg.100g⁻¹) das polpas de acerola.

Acerola	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	- 60,87%	- 17,39%
Lote 02	+ 10,53%	+ 7,89%
Lote 03	+ 161,90%	+ 100,00%

Valores positivos representam aumento nos teores. Os negativos, redução.

O comparativo foi feito em relação aos teores apresentados pela polpa *in natura*.

Tabela 56. Teor de ácidos fenólicos totais (mg.100g⁻¹), valores expressos em base seca, das polpas de caju, *in natura* e pasteurizadas - método rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*).

Caju		<i>In natura</i>	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	AFS	0,01	TR	TR
	AFES	0,03 ^b	0,05 ^a	0,05 ^a
	AFEI	4,30 ^c	11,69 ^b	24,34 ^a
	Total	4,34 ^c	11,74 ^b	24,39 ^a
Lote 02	AFS	0,12	TR	0,10
	AFES	0,04 ^a	0,04 ^a	0,04 ^a
	AFEI	6,18 ^c	19,98 ^a	13,41 ^b
	Total	6,34 ^c	20,02 ^a	13,45 ^b
Lote 03	AFS	TR	TR	TR
	AFES	0,05 ^a	0,04 ^b	0,04 ^b
	AFEI	2,12 ^c	6,57 ^b	13,99 ^a
	Total	2,17 ^c	6,61 ^b	14,03 ^a

Médias obtidas pela soma dos teores de ácidos fenólicos identificados individualmente.

Médias seguidas por letras iguais nas linhas não diferem significativamente (P≤0,05).

TR – Traços: correspondem à detecção dos compostos em teor não quantificável.

Tabela 57. Efeito (%) dos métodos de pasteurização – rápido (*HTST*) e lento (*LTLT*) - nos teores de ácidos fenólicos totais (mg.100g⁻¹) das polpas de caju.

Caju	<i>HTST</i>	<i>LTLT</i>
Lote 01	+ 170,51	+ 461,98
Lote 02	+ 215,77	+ 112,15
Lote 03	+ 204,61	+ 546,54

Valores positivos representam aumento nos teores. Os negativos, redução.

O comparativo foi feito em relação aos teores apresentados pela polpa *in natura*.

Além das considerações relativas à avaliação do comportamento dos compostos estudados, é válido ressaltar as vantagens do sistema de cromatografia utilizado CLUR-DAD (Cromatografia Líquida Ultra Rápida) para determinação dos ácidos fenólicos. Foram obtidos resultados com a precisão inerente a técnica de cromatografia, a partir da injeção de pequenas alíquotas de amostras (2 μL), em um menor intervalo de tempo total de análise (12,5 min.) a um baixo fluxo do sistema de solventes (0,5 mL.minuto⁻¹), quando comparados a utilização da técnica de HPLC-DAD na determinação de ácidos fenólicos, necessitando da injeção de um volume de amostra 10 vezes maior (20 μL), mais tempo de análise total (70 min.) e vazão do sistema de solvente mais elevada (0,8 mL.minuto⁻¹). Os fatores citados acima implicam tanto em redução do custo total de análise, como no aumento da produtividade do equipamento, passando de 7 análises/dia para 38 análises/dia, considerando 8 horas de trabalho por dia.

Os compostos flavonóides identificados (catequina e quercetina) nas frações analisadas não foram quantificados, pois o método proposto não era específico para a extração dos mesmos, podendo levar a uma subestimação dos teores desses compostos nas polpas de frutas estudadas. Além disso, não foi obtida uma separação eficiente, visto a inespecificidade das condições de eluição dos solventes para a separação destes.

6. Conclusão

Os dois métodos de pasteurização utilizados no tratamento térmico das polpas de frutas provocaram alterações significativas ($\geq 0,05$) nos atributos de qualidade (físicos, físico-químicos e químicos) das polpas de frutas. Quanto aos compostos antioxidantes, as polpas de acerola apresentaram aumento nos teores de ácido L-ascórbico, fenólicos totais, ácidos fenólicos e na atividade antioxidante, seguidos por redução nos teores de vitamina C e antocianinas monoméricas; enquanto na polpa de caju, verificaram-se perdas nos teores de ácido L-ascórbico, vitamina C, fenólicos totais, antocianinas monoméricas e atividade antioxidante, acompanhados por aumento nos teores de ácidos fenólicos totais. Mas, nem todas as alterações constatadas foram significativas ($\leq 0,05$).

As antocianinas monoméricas foram os compostos antioxidantes mais afetados pelo tratamento térmico, apresentando altos índices de redução por ambos os métodos de pasteurização. A mesma tendência de redução foi obtida no percentual de cor polimérica (antocianinas poliméricas). Em relação a metodologia de análise, ressalta-se

a importância do tamponamento da solução extratora e da definição correta do fator de diluição para cada tipo de fruta em análise, bem como, o conhecimento dos possíveis interferentes na reação evitando a sub ou superestimação de antocianinas na fruta.

Quanto à polpa de acerola foi observado um comportamento semelhante dos compostos antioxidantes em ambos os métodos, sendo o método lento menos agressivo na maioria dos casos. Em relação à polpa de caju as menores perdas de antioxidantes naturais ocorreram quando à polpa foi submetida à pasteurização lenta. Portanto, conclui-se que, este método permite uma maior retenção de compostos antioxidantes nas polpas de frutas tropicais estudadas. Dessa forma, a indústria processadora de frutas pode vir a oferecer ao mercado consumidor polpas de frutas com propriedades funcionais e qualidade nutricional, sensorial e higiênico-sanitária.

As correlações entre a atividade antioxidante e os compostos bioativos (ácido L-ascórbico, vitamina C e compostos fenólicos totais), pelo método ABTS a polpa de acerola apresentou correlação positiva apenas com o teor de vitamina C, enquanto pelo método FRAP, com os teores de vitamina C e compostos fenólicos totais; a polpa de caju apresentou correlação positiva com o teor de ácido L-ascórbico e vitamina C por ambos os métodos (ABTS e FRAP).

Em relação aos ácidos fenólicos identificados (ácido gálico, ácido protocatecúico, ácido caféico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico e ácido vanílico) nas polpas de frutas, o comportamento foi bastante dependente da fração estudada. Em geral, os ácidos fenólicos presentes na fração solúvel sofreram redução, enquanto os que constituem as frações esterificadas solúveis ou insolúveis tiveram aumento em seus teores. O novo sistema de cromatografia a líquido utilizado neste trabalho (CLUR-DAD) destacou-se pela rapidez na obtenção dos resultados, com consequente redução de custo de análise e aumento da produtividade do equipamento.

Entre os lotes de caju nos estádios de maturação estudados (verde, maduro e maturação avançada), os pseudofrutos que estavam maduros apresentaram o melhor comportamento em ambos os métodos de pasteurização, rápido e lento, apresentando os menores índices de perda de compostos bioativos e atividade antioxidante. Quanto aos lotes de acerola, o lote 03 apresentou o melhor comportamento frente ao tratamento térmico.

7. Referências Bibliográficas

ABBOTT, J. A.; HARKER, F. R. Texture. In: KENNETH, G.; WANG, C. Y.; SALTVEIT, M. A. *The commercial storage of fruits, vegetables, florist and nursey crops*. Washington, D.C.: USDA, 2002 (Agriculture Hand Book, Number 66).

ADEGOKE, G. O.; VIJAY KUMAR, M.; GOPALA KRISHNA, A. G.; VARADAJ, M. C.; SAMBAIAH, K.; LOKESH, B. R. Antioxidants and lipid oxidation in food – a critical appraisal. *Journal Food Science Technology*. v. 35, n. 4, p. 283-398, 1998.

AGUILAR-ROSAS, S. F.; BALLINAS-CASARRUBIAS, M. L.; NEVAREZ-MOORILLON, G. V.; MARTIN-BELLOSO, O. ORTEGA-RIVAS, E. Thermal and pulsed electric fields pasteurization of apple juice: Effects on physicochemical properties and flavor compounds. *Journal of Food Engineering*, v.83, p. 41- 46, 2007.

ALBERTINO, A.; BARGE, A.; CRAVOTTO, G.; GENZINI, L.; GOBETTO, R.; VINCENTI, M. Natural origin of ascorbic acid: Validation by ¹³C NMR and IRMS. *Food Chemistry*, v. 112, p. 715–720, 2009.

ALMEIDA, J. I. L.; LOPES, J. G. V.; OLIVEIRA, F. M. M. *Produtor de acerola*. Fortaleza: Ed. Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2002. 40p.

ALVES, R. E. *Acerola (Malpighia emarginata D. C.) fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada*. 1993. 99f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ALVES, R. E.; BEZERRA, F. C.; ABREU, F. A. P. Development and maturation of the apple of early dwarf cashew tree CCP-76. *Acta Horticulturae*, v. 485, p. 230-255, 1999.

ALVES, R. E.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Postharvest Physiology of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits: Maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. *Acta Horticulturae*, v. 370, p. 223-229, 1995.

ALVES, R. E.; MENEZES, J. B. Botânica da Aceroleira. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, A.E. *Cultura da acerola no Brasil: produção e mercado*. Vitória da Conquista: Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1995. p. 7-14.

ALVES, R. E.; BRITO, E. A.; RUFINO, M. S. M.; SAMPAIO, C. G. Antioxidant activity measurement in tropical fruits: A case study with acerola. *Acta Horticulturae*, v. 773, p. 299–305, 2008.

AMARO A. P.; BONILHA P. R. M.; MONTEIRO M. Efeito do tratamento térmico nas características físico-químicas e microbiológicas da polpa de maracujá. *Alimentos e Nutrição*. v. 13, p. 151-162, 2002.

ANDERSON, L.; DIBBLE, M. V.; TURKKI, P. R.; MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J. *Nutrição*. 17ª ed. São Paulo, 737p. 1998.

ANDRADE, J. M. B.; BRANDÃO FILHO, J. V. T.; VASCONCELOS, M. A. S. Efeito da poda na produtividade da aceroleira (*Malpighia glabra* L.) no primeiro ano. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.17, n.2, p. 45-49, 1995.

ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P. D.; PATSALIDES, E.; MCDONALD, S.; ROBARDS, K. *Methods for testing antioxidant activity*. The Analyst, London, v. 127, p. 183-198, 2002.

ANUÁRIO – Anuário Brasileiro da Fruticultura. BELING, R. R. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2005.

ARAI, S. Global view on functional foods: Asian perspectives. *British Journal of Nutrition*, v. 88, n. 2, p. S139-S143, 2002.

ARNAO, M. B.; CANO, A.; ACOSTA, M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, v. 73, p. 239-244, 2001.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC. 14th ed. AOAC: Washington DC, U.S.A., 1984.

ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographics effects. *Food Chemistry*, n. 81, p. 495-502, 2003.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WU, X.; PRIOR, R. L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.51, p.6657–62, 2003.

BADOLATO, M. I. C. B.; SABINO, M.; LAMARCO, L. C. A.; ANTUNES, J. L. F. Estudo comparativo de métodos analíticos para determinação de ácido ascórbico em sucos de frutas naturais e industrializados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 16, n. 3, p. 206-210, 1996.

BAE, S. H.; SUH, H. J. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *Lebensmittel Wissenschaften und Technologie (LWT) – Food Science and Technology*, v. 40, p. 955-962, 2007.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

BARROS, L. M. *Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão-precoce*. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, Circular Técnica n. 1, 65, 1993.

BATISTA, M. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Parâmetros físico-químicos da acerola (*Malpighia punicifolia* L.) em diferentes fases de maturação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 2, n. 2, p. 19-24, 2000.

BECKER, E. M.; NISSEN, L. R.; SKIBSTED, L. H. Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects. *European Food Research Technology*, v. 219, p. 561-571, 2004.

BEHL, C.; MOOSMANN, B. Antioxidant neuroprotection in Alzheimer's disease as preventive and therapeutic approach. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 33, p. 182-191, 2002.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*. v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BETA, T.; NAM, S.; DEXTER, J. E.; SAPIRSTEIN, H. D. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, v. 82, n. 4, p. 390–393, 2005.

BETTS, G. D.; GAZE, J. E. *Food Pasteurization Treatments*. Gloucestershire (UK): Campden, 1992. 92 p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, F. O. Pigmentos naturais. In: *Introdução à Química de Alimentos*. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. cap. 6, p. 191-223.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P., PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de pedúnculos de caju submetidos a desidratação osmótico-solar. *Revista Ciência Agronômica*, v. 34, n. 2, p. 139-145, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta*. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta>. Acesso em: 20 de maio de 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Resolução nº 2 de 24 de julho de 1978. Aprova normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro*. Disponível em: <http://www.e-legis.anvisa.gov.br>. Acesso em: 26 de outubro de 2010.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. *Nutrition Reviews*, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE - WARTHA, E. R. S.; SILVA, A. M. O.; NOVOA, A. J. V.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 4, 902-908, 2007.

BRUNINI, M. A.; MACEDO, N. B.; COELHO, C. V.; SIQUEIRA, G. F. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, n. 3, p. 486-489, 2004.

BUENO, S. M.; LOPES, M. R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCIA-CRUZ C. H. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. *Instituto Adolfo Lutz*, v. 62, n. 2, 121-126, 2002.

BYSTROM, L. M.; LEWIS, B. A.; BROWN, D. L.; RODRIGUEZ, E.; OBENDORF, R. L.; Characterisation of phenolics by LC–UV/Vis, LC–MS/MS and sugars by GC in *Melicoccus bijugatus* Jacq. ‘Montgomery’ fruits. *Food Chemistry*, v. 111, p. 1017–1024, 2008.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; PRETE, C. E. C.; GONZALEZ, M. G. N. Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). UEL 3 (Dominga) - UEL 4 (Lígia) - UEL 5 (Natália). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 1, p. 124-126, 2002.

CARVALHO, N. M; NAKAGAWA, J. *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CARVALHO, R. A. *Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açu, Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21p. (Documento, 49).

CASTRO NETO, A. G. Caracterização dos alimentos (Parte II). *Artigos técnicos*. 2003. Disponível em: <http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=108>>. Acesso em: 24 de dezembro de 2010.

CHEN, H. Y.; YEN, G. C. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. *Food Chemistry*, v.101, p. 686-694, 2007.

CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. *Tecnologia pós-colheita para Frutas Tropicais*. Fortaleza: FRUTAL-SINDIFRUTA, 2001, 314p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005, 786p.

CHUN, O. K.; KIM, D.; SMITH, N.; SCHROEDER, D.; HAN, J. T.; LEE, C. Y. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 85, p. 1715-1724, 2005.

CIOLA, R. *Fundamentos da Cromatografia a Líquido de Alto Desempenho: HPLC*. São Paulo, 1998.

COCOZZA, F. D. M. Maturação e conservação de manga ‘Tommy Atkins’ submetida à aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno. 2003. 198f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CONNOR, A. M.; LUBY, J. J.; HANCOCK, J. F.; BERKHEIMER, S.; HANSON, E. J. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, 893-898, 2002.

COULTATE, T.P. *Alimentos: A Química de seus Componentes*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368p.

COUTINHO, E. P. Avaliação do processo de polpa de acerola (*Malpighia glabra* L.) em sistemas convencionais de industrialização. 1993. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

CTENAS, M. L. B.; CTENAS, A. C.; QUAST, D. *Fruits of Brazil*. São Paulo: C2 - Editora e Consultoria em Nutrição, 2000. 157p.

DASTMALCHI, K.; DAMIEN DORMAN, H. J.; LAAKSOA, I.; HILTUNEN, R. Chemical composition and antioxidative activity of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) extracts. *Lebensmittel Wissenschaften und Technologie (LWT) – Food Science and Technology*, v. 40, n. 9, p. 1655-1663, 2007.

DECKER, E. A. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of food to maximize oxidative stability. *Trends Food Science and Technology*, v. 9, n. 6, p. 241-248, 1998.

DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? *Nutrition Reviews*, v. 55, n. 11, p. 396-407, 1997.

DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. *Cromatografia, um breve ensaio*. Química Nova na Escola, n. 7, p. 21-25, 1998.

DIMITRIOS, B. Review: Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in Food Science & Technology*, v. 17, p. 505-512, 2006.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

DZIEDZIC, S. Z., HUDSON, B. J. F. Phenolic acids and related compounds as antioxidants for edible oils. *Food Chemistry*, v.14, p. 45-51, 1984.

EMBRAPA – CNPAT. Campanha nacional de aumento da produtividade do cajueiro e produtos derivados do cajueiro. Fortaleza, 1992. 4p.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostasacerola.php#aspectos>. Acesso em: 18 de março 2010.

ESCARPA, A.; GONZALEZ, M. C. Total extractable phenolic chromatographic index: an overview of the phenolic class contents from different sources of foods. *European Food Research and Technology*, v. 212, p. 439–444, 2001.

ESKIN, M. N. A. *Biochemical changes in raw foods: fruits and vegetables*. In: *Biochemistry of Food*. 2. ed. San Diego: Academic, 1990. part 1, p. 69-145.

ESPIN, J. C.; SOLER-RIVAS, C.; WICHES, H. J.; GARCIA-VIGUERA, C. Anthocyanin based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, p. 1588-1592, 2000.

ESTEVEZ, M. T. C. Características físicas, físicoquímicas e químicas de frutos de cultivares de goiabeira (*Psidium guajava*, Linn). 1981. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. FAO Statistics Division 2007. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 05 de novembro de 2010.

FIEC - Federação das Indústrias do Estado do Ceará. Centro Internacional de Negócios. *Estudo estatístico: suco de caju e LCC*. Fortaleza, 2004.

FELLOWS, P. J. *Food Processing Technology: Principles and Practice*. England: Cambridge, 2 ed., 2000. 575p.

FENNEMA, O. R. Química de los alimentos. 2.ed. Editorial Acribia: Zaragoza, 1096p, 1992.

FERNANDES, A.; MAIA, G.; SOUSA, P.; COSTA, J.; FIGUEIREDO, R.; PRADO, G. Comparação dos teores em vitamina C, carotenóides totais, antocianinas totais e fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. *Alimentos e Nutrição*, v. 18, n. 4, p. 431-438, 2007.

FERNANDES, K. A.; LOPES JUNIOR, C. A.; MOITA, G. C. Influência do tempo e temperatura de armazenamento na oxidação de vitamina C em suco e polpa de caju. In: *Resumos da 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Fortaleza, 2009.

FIGUEIREDO, R. W. Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio. 2000. 154f. Tese (Doutorado em

Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FILGUEIRAS, H. A. C. Características do pedúnculo para exportação. In: *CAJU: pós-colheita*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. p. 14-21.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. Produtos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. *A cultura da acerola*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003, p. 164-184

FRANÇA, V. C.; NARAIN, N. Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 2, p. 157-160, 2003.

FRANCIS, F. J. “Food Colorants: Anhtocyanins”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 28, n. 4, 1989.

FRANCO, B. G. M. F; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Atheneu, 2005.

FRANKEL, E. N.; MEYER, A. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of Food Science and Agriculture*, v. 80, p. 1925-1941, 2000.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; BRASIL, I. M.; PINHEIRO, A. M. Storage stability of acerola tropical fruit juice obtained by hot fill method. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 41, p. 1216-1221, 2006.

GAO, X.; OHLANDER, M.; JEPPSSON, N.; BJORK, L.; TRAJKOVSKI, V. Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, p. 1485-1490, 2000.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C., MCPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, v. 68, n. 4, p. 471–474, 2000.

- GAVA, A. J. *Princípios de tecnologia de alimentos*. São Paulo: Nobel, 1999. 284p.
- GELDREICH, E. E.; HUFF, C. B.; BORDNER, R. H.; KABLER, P. W.; CLARK, H. F. The fecal coli-aerogenes flora of soils from various geographical areas. *Journal of Applied Microbiology*, v. 25, p. 87-93, 1962.
- GHISELLI, A.; SERAFINI, M.; NATELLA, F.; SCACCINI, C. Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: critical review and experimental data. *Free Radical Biology & Medicine*, v. 29, n. 11, p. 1106-1114, 2000.
- GIADA, M. L. R.; MANCINI-FILHO, J. The in vitro antioxidant activity of food phenolic compounds. *Nutrire*, São Paulo, v. 28, p. 91-107, 2004.
- GIL, M. I.; TOMAS-BARBERAN F. A.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 4976–4982, 2002.
- GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: John Wiley & Sons, 2001. Unit. F1.2.1-13.
- GOLDSTEIN, J. L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry*, v. 2, p. 371-383, 1963.
- GOMES, J. C. *Análise de Alimentos*, Viçosa: UFV, 1996. 126p.
- GOMES, J. C. M.; GOMES, N. W.; SILVA, L. C. A.; LIMA, W. A.; SILVA, J. M. Caracterização pós-colheita de clones de cajueiro anão precoce no oeste da Bahia. *Revista Toda Fruta*. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/pesq_agricola2_v7n2.pdf>. Acesso em: 04 de Janeiro de 2011.
- GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G.; ALMEIDA, E. J. A. Variabilidade fenotípica em genótipos de acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2205-2211, 2000.

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G. Análise de agrupamentos e de componentes principais no processo seletivo em genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 22, n. 1, p. 36-39, 2000.

GONZAGA NETO, L.; MATHUZ, B.; SANTOS, C. A. F. Caracterização agronômica de clones de aceroleira (*Malpighia* spp) na região do submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 21, n. 2, p. 110-115, 1999.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. *Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção*. Brasília: EMBRAPA, 1994. 43p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 10).

GORDON, M. H. Dietary antioxidants in disease prevention. *Natural Product Reports Articles*, v. 13, n. 4, p. 265-273, 1996.

GRIS, E. F.; FERREIRA, E. A.; FALCÃO, L. D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; Influence of ferulic acid on stability of anthocyanins from Cabernet Sauvignon grapes in a model system and a yogurt system. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 42, n. 8, p. 992, 2007.

GRUZ, J.; NOVAK, O.; STRNAD, M. Rapid analysis of phenolic acids in beverages by UPLC–MS/MS. *Food Chemistry*, v. 111, p. 789–794, 2008.

HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Identification and characterisation of anthocyanins from wild mulberry (*Morus Nigra* L.) growing in Brazil. *Food Science and Technology International*, v. 13, n. 1, p. 17-25, 2007.

HEINONEM, M.; LETHTONEM, P. J.; HOPIA, A. Antioxidative activity of berry and fruit wines and liquor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, n. 1, p. 25-31, 1998.

HINNEBURG, I.; DORMAN, H. J. D.; HILTUNEM, R. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food Chemistry*, v. 97, n. 1, p. 122–129, 2006.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. *Biochemistry of fruits ripening*. London: Chapman & Hall, 1993. Cap.13, p. 405-442.

HOLLMAN, P. C. H.; KATAN, M. B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. *Food Chemistry Toxicology*, v. 37, p. 937- 942, 1999.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 1841-1856, 2005.

HUANG, H. Y.; CHANG, C. K.; TSO, T. K.; HUANG, J. J.; CHANG, W. W.; TSAI, Y. C. Antioxidant activities of various fruits and vegetables produced in Taiwan. *International Journal of Food Science and Nutrition*, v. 55, n. 5, p. 423-429, 2004.

HUKKANEN, A. T.; POLONEN, S. S.; KARENLAMPI, S. O.; KOKKO, H. I. Antioxidant capacity and phenolic content on sweet rowanberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, p. 112-119, 2006.

LIANG, H.; JI, B.; LIANG, J.; ZHOU, F.; YANG, Z.; ZHANG, H. Comparison on the antioxidant capacity of selected fruits and vegetables and their separations. *Chemistry of Natural Compounds*, v. 42, n. 4, p. 410-414, 2006.

IGUAL, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; CAMACHO, M. M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. *Food Chemistry*, v. 118, p. 291–299, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 4 ed., 2005. 1020 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF, 2005. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em 09 de fevereiro de 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF, 2010. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_processadas>. Acesso em 16 de abril de 2010.

IVERSEN, C. K. Black currant néctar: effect of processing and storage on anthocyanin and ascorbic acid content. *Journal of Food Science*, v. 64, n. 1, p. 37-41, 1999.

JAWAHEER, B.; GOBURDHUN, D.; RUGGOO, A. Effect of processing and storage of guava into jam e juice on the ascorbic acid content. *Plant Foods Human Nutrition*, v. 58, n. 3, p. 1-12. 2003.

JAYAPRAKASHA, G. K.; PATIL, B. S. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food Chemistry*, v. 101, p. 410-418, 2007.

JIANG, H.; JI, B.; LIANG, J.; ZHOU, F.; YANG, Z.; ZHANG, H. Comparison on the antioxidant capacity of selected fruits and vegetables and their separations. *Chemistry of Natural Compounds*, v. 42, n. 4, p. 410-414, 2006.

JIMENEZ-ESCRIG, A.; RINCON, M.; PULIDO, R.; SAURA-CALIXTO, F. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, p. 5489-5493, 2001.

JOHNSON, P. D. Acerola (*Malpighia glabra* L., *M. puniceifolia* L., *M. emarginata* D. C.): agriculture, production and nutrition. *Nutrition Diet*, v. 91, p. 67-75, 2003.

KÄHKÖNEN, M. P.; HOPIA, A. I.; VUORELA, H. J.; RAUHA, J. P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T. S.; HEININEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 47, n. 10, p. 3954–3962, 1999.

KAMATH, V. G.; CHANDRASHEKAR, A.; RAJINI, P. S. Antiradical properties of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) flour extracts. *Journal of Cereal Science*, v. 40, n. 3, p. 283–288, 2004.

KANATT, S. R.; CHANDER, R.; SHARMA A. Antioxidant potential of mint (*Mentha spicata* L.) in radiation-processed lamb meat. *Food Chemistry*, v. 100, n. 2, p. 451–458, 2007.

KEVERS, C.; FALKOWSKI, M.; TABART, J.; DEFRAIGNE, J.O.; DOMMES, J.; PINCEMAIL, J. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, p. 8596-8603, 2007.

KING, A.; YOUNG, G.; Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 50, n. 2, p. 213 – 218, 1999.

KIRCA, A.; OZKAN, M.; CEMEROGLU, B. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chemistry*, v. 97, n. 4, 2006.

KITTS, D. D. An evaluation of the multiple effects of the antioxidant vitamins. *Trends in Food Science and Technology*, v. 8, p. 198-203, 1997.

KRAMER, A. Fruits and Vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B.A. *Quality Control for the Food Industry*. Connecticut: Avi Publishing Company, 1973. v. 2, p.157-227.

KRYGIER, K.; SOLSULSKI, F.; HOGGS, L. Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids. 1. Extraction and purification procedure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 30, p. 330–334, 1982.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicacion de diversos metodos quimicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LADEROZA, M.; DRAETTA, I. S. Enzimas e pigmentos: influências e alterações durante o processamento. In: SOLER, M. P.; BLEINROTH, E. W.; LADEROZA, M. Industrialização de frutas. 3. ed. Campinas: ITAL, 1991. cap. 2, p. 17-30 (Manual técnico, 8).

LANÇAS, F. M. *Validação de métodos cromatográficos de análise*. São Carlos: Rima. V. 2, 2007.

LEE, S. J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, v. 91, n. 1, p. 131-137, 2005.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidante capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry*, v. 76, p. 69-75, 2002.

LILA, M. A.; Anthocyanins and human health: An in vitro investigative approach, *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, v. 2004, n. 5, 2004.

LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry*, v. 103, p. 1003-1008, 2007.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos de umbu-cajazeiras (*Spondias* spp.) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Correlação entre o teor de antocianinas e caracterização cromática de polpas de diferentes genótipos de aceroleira. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 10, p. 51-55, 2007.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, L. S. et al. Polpa congelada de acerola: efeito da temperatura sobre os teores de antocianinas e flavonóis totais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 3, p. 669-670, 2002.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, D. E. S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 1, p. 101-103, 2003.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F.G.; MUSSER, R. S.; LIMA, D. E. S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. *Food Chemistry*, v. 90, n. 4, 565-568, 2005.

LIYANA-PATHIRANA, C. M.; SHAHIDI, F.; ALASALVAR, C. Antioxidant activity of cherry laurel fruit (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and its concentrated juice. *Food Chemistry*, v. 99, p. 121-128, 2006.

LO SCALZO, R.; IANNOCCARI, T.; SUMMA, C.; MORELLI, R.; RAPISARDA, P. Effect of thermal treatments on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. *Food Chemistry*, v. 85, p. 41-47, 2004.

LOPES, R. M.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J.; PINTO, A. S. Flavonóides, *Biotechnologia, Ciência & Desenvolvimento*, v. 3, n.14, p. 18-22, 2000.

LOPES, V. C.; MARTINS, M. H. B.; CARVALHO, I. T. Teor de ácido ascórbico e dehidroascórbico em polpas de acerola (*Malpighia glabra* L.) congeladas e comercializadas na cidade do Recife-PE. *Boletim CEPPA*, v. 15, n. 1, p. 1-8, 1997.

LUTHRIA, D. L.; PASTOR-CORRALES, M. A. Phenolic acids content of 15 dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 19, p. 205–211, 2006.

MACZ-POP, G. A.; RIVAS-GONZALO, J. C.; PÉREZ-ALONSO, J. J.; GONZALÉZ-PARAMÁS, A. M.; Natural occurrence of free anthocyanin aglycones in beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, v. 94, n. 3, p. 448, 2006.

MAIA, G. A.; SOUSA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M. Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L.). *Revista Ciência Agronômica*, v. 35, p. 272-278, 2004.

MAIA, G. A. Nutritional aspects of some tropical juices of Latin American. In: 13rd IFU SYDNEY WORLD CONGRESS, Sidney, V. 01, p. 135 – 152, 2001.

MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; MARTINS, C. B. Características físicas e químicas do caju. *Revista Ciência Agronômica*, v. 1, n. 2, p. 115-120, 1971.

- MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SANTOS, G. N.; SILVA, D. S. S.; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 130-134, 2007.
- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; REMEZY, C.; JIMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 79, p. 727-747, 2004.
- MANIAN, R.; ANUSUYA, N.; SIDDHURAJU, P.; MANIAN, S. The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz, *Ficus bengalensis* L. and *Ficus racemosa* L. *Food Chemistry*, v. 107, p. 1000-1007, 2008.
- MARINOVA, E. M.; YANISHLIEVA, N. V. Inhibited oxidation of lipids II: Comparison of the antioxidative properties of some hydroxy derivatives of benzoic and cinnamic acids. *Fett-Wissenschaft Technologie*, v. 94, n. 11, p. 428-432, 1992.
- MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; FOLEGATTI, M. I. S.; OLIVEIRA, J. R. P.; OLIVEIRA, J. A. B.; SANTOS, D. B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* D.C.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001.
- MATTLA, P.; KUMPULAINEN, J. J. Determination of free and total phenolic acids in plant derived foods by HPLC and diode array detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, p. 3660-3667, 2002.
- MAZZA, G.; MINIATI, E. *Anthocyanins in fruits, vegetables and grains*. Florida: CRC Press, INC. 1993. 363 p.
- MCCANCE, R. A.; WIDDOWSON'S, E. M. *The composition of foods*. 5th ed. Cambridge, The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1991.
- MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; BERNHARDT, L. W. *Caju da cultura ao processamento e comercialização*. Campinas: ITAL. 1978, 178 pp. (Série Frutas Tropicais: 4).

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju. 1. ed. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 20p.

MENDEZ, C. M. V.; FORSTER, M. P.; RODRIGUEZ-DELGADO, M. A.; RODRIGUEZ, E. M.; ROMERO, C. D. Content of free phenolic compounds in bananas from Tenerife (*Canary Islands*) and Ecuador. *European Food Research and Technology*, v. 217, p. 287-290, 2003.

MEZADRI, T.; VILLANO, D.; FERNANDEZ-PACHON, M.S.; GARCIA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) fruits and derivatives. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 21, p. 282-290, 2008.

MILLER, N.J.; DIPLOCK, A.T.; RICE-EVANS, C.A. Evaluation of the Total Antioxidant Activity as a Marker of the Deterioration of Apple Juice on Storage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 43, p. 1794 - 1801, 1995.

MILLER, N. J.; RICE-EVANS, C. A.; DAVIS, M. J.; GOPINATHAN, V.; MILNER, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*, v. 84, p. 407-412, 1993.

MIRA, N. V. M.; BARROS, R. M. C.; SCHIOCCHET, M. A.; NOLDIN, J. A.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Extração, análise e distribuição dos ácidos fenólicos em genótipos pigmentados e não pigmentados de arroz (*Oryza sativa* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 4, p. 994-1002, 2008.

MONTEIRO M; AMARO A. P; BONILHA P. R. M. Avaliação físico-química e microbiológica da polpa de maracujá processada e armazenada sob refrigeração. *Alimentos e Nutrição*, v. 16, n. 1, p. 71-76, 2005.

MOON, J. K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant assays for plant and food components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, p. 1655-1666, 2009.

MOTA, J. C.; ASSIS, S. A.; PECIN, J.; LIMA, G.; MARTINS, A. B. G.; OLIVEIRA, . M. M. F. Acerola's clones of industrial interest. *Journal of Food Biochemistry*, v. 29, p. 99-107, 2005.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E. INNECCO, R.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOSCA, J. L.; PINTO, S. A. Características físicas de pedúnculos de cajueiro para comercialização *in natura*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, n.3, p.537-540, 2001.

MOURA, C. F. H. *Armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce BRS 189, CCP 76, END 183 e END 189 sob diferentes temperaturas e atmosferas*. 2004. Tese (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MOURA, C. F. H. *Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce (Anacardium occidentale L. var nanum) irrigados*. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; PAIVA, J. R. Avaliação de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) na região da Chapada do Apodi-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 17, Anais do Congresso. Belém: SBF, 2002.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMÍNGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, v. 72, n. 2, p. 145-171, 2001.

MURCIA, M. A.; JIMENEZ, A. M.; MATINEZ-TOME. Evaluation of the antioxidant properties of mediterranean and tropical fruits compared with common food additives. *Journal of Food Protection*, v. 64, n. 12, p. 2037-2046, 2001.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização físico-química de acerolas do Banco Ativo de Germoplasma em Pernambuco. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 4, p. 556-561, 2004.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. The effect of methanol–ammonia–water treatment on the content of phenolic acids of canola. *Food Chemistry*, v. 31, p. 159–164, 1989.

NARDINI, M.; CIRILO, E.; NATELLA, F.; MENCARELLI, D.; COMISSO, A.; SCACCINI, C. Detection of bound phenolic acids: Prevention by ascorbic acid and ethylenediaminetetraacetic acid. *Food Chemistry*, v. 79, p. 119–124, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Comparative Toxicity of Naturally Occurring Carcinogens. *Carcinogens and anticarcinogens in the human diet, a comparison of naturally occurring and synthetic substances*. Washington: National Academy Press, 1996. 417p.

NAWAR, W. W. Lipids. In: FENNEMA, O.R. *Food Chemistry*. 2.ed. New York : Marcel Dekker, 1985. p.139-244.

NETO, F. R. A.; NUNES, D. S. S. *Cromatografia: Princípios básicos e técnicas afins*. Rio de Janeiro, 2003.

NETZEL, M.; NETZEL, G.; TIAN, Q.; SCHWARTZ, S.; KONCZAK. Sources of antioxidant activity in Australian native fruits. Identification and quantification of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, p. 9820-9826, 2006.

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends Food Science Technology*, v. 10, n. 3, 94-100, 1999.

NOGUEIRA, C. M. C. C. D. Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra*). Fortaleza, 1991, 119p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO – NEPA: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO*. 2ª ed.-versão 2 . Campinas: São Paulo, 2006.

NUNES, E. S.; D'ARAÚJO COUTO, F. A.; BRAZ, V.B. Seleção de genótipos de aceroleira (*Malpighia* Spp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 17, 2002, Anais do Congresso. Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

NUUTILA, A. M.; KAMMIOVIRTA, K.; OKSMAN-CALDENTY, K. M. Comparison of methods for the hydrolysis of flavonoids and phenolic acids from onion and spinach for HPLC analysis. *Food Chemistry*, v. 76, p. 519–525, 2002.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M. A. A. C.; SILVA, M. G. G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 19, n. 3, p. 13-22, 1999.

OLIVEIRA, V. H.; ANDRADE, A. P. S. *Produção integrada de caju: abrindo portas para a qualidade*. Disponível em: <<http://caju.cnpat.embrapa.br/pif/artigo1.pdf>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2010.

OTHMAN, A.; ISMAIL, A.; GHANI, N. A.; ADENAN, I. Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food Chemistry*, v. 100, p. 1523–1530, 2007.

OU, B.; HUANG, D.; HAMPSCH-WOODILL, M.; FLANAGAN, J. A.; DEEMER, E. K. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 3122–3128, 2002.

OZGEN, M.; REESE, R. N.; TULIO JR., A. Z.; SCHEERENS, J. C.; MILLER, A. R. Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 54, p. 1151-1157, 2006.

PAIVA, J. R. ; CAVALCANTE, J. J. V.; BARROS, L. M. Seleção preliminar de clones de cajueiro anão precoce para a produção de pedúnculos em cultivo irrigado. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, 1998.

PAIVA, J. R; BARROS, L. M. Clones de cajueiro: obtenção, características e perspectivas (2004). Disponível em: <<http://www.cnpat.embrapa.br>>. Acesso em: 14 de dezembro de 2010.

PANTASTICO, E. B. Índices para cosecha. In: PANTASTICO, E. B. *Fisiologia de la postrecolección, manejo y utilizacion de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Espanha: Companhia Editorial Continental, 1975. p. 77-98.

PAPAS, A. M. Diet and Antioxidant Status. *Food and Chemical Toxicology*, v. 37, n. 9-10, p. 999-1007, 1999.

PATRAS, A.; BRUNTON, N. P.; GORMELY, T. R.; BUTLER, F. Impact of high pressure processing on antioxidant activity, ascorbic acid, anthocyanins and instrumental colour of blackberry and strawberry puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 10, n. 3, p. 308-313, 2009a.

PATRAS, A.; BRUTON, N.; PIECE, S.; BUTLER, F.; DOWNEY, G. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 10, p. 16–22, 2009b.

PELEG, H.; BODINE, K. K.; NOBLE, A. C. The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. *Chemical Senses*, v. 23, n. 3, p. 371-378, 1998.

PELLEGRINI, N.; COLOMBI, B.; SALVATORE, S.; BRENNNA, O.V.; GALAVERNA, G.; DEL RIO, D.; BIANCHI, M.; BENNETT, R.N.; BRIGHENTI, F. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 87, p. 103-111, 2007.

PÉREZ, A. G. Rapid determination of sugar, nonvolatile acids and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 45, p. 3545-3549, 1997.

PÉREZ-CONESA, D.; GARCÍA-ALONSO, J.; GARCÍA-VALVERDE, V.; INIESTA, M.D.; JACOB, K.; SÁNCHEZ-SILES, L.M.; ROS, G.; PERIAGO, M.J. Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 10, p. 179–188, 2009.

PESCHEL, W.; SÁNCHEZ-RABANEDA, F.; DIEKMANN, W.; PLESCHER, A.; GARTZIA, I.; JIMÉNEZ, D.; LAMUELARAVENTÓS, R.; BUXADERAS, S.; CODINA, C. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, v. 97, n. 1, p. 137-150, 2006.

PIMENTEL, M. L.; MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F. Influência do processamento sobre a vitamina C do suco da acerola (*Malpighia glabra* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, n. 1, p. 143-146, 2001.

PINTO, S. A. A. Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoces (*Anacardium occidentale* L. var *nanum*) cultivados em condição de sequeiro. 1999. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PINTO, W. S.; DANTAS, A.C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; LEDO, C. A. da S. L.; JESUS, S. C. de; CALAFANGE, P. L. P.; ANDRADE, E. M. Caracterização física, físicoquímica de frutos de genótipos de cajazeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 9, p. 1059-1066, 2003.

PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in food and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, p. 4290-4302, 2005.

PROUDLOVE, R.K. *Os alimentos em debate*. São Paulo: Varela, p.141-147, 1996.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, v. 48, p. 3396-3402, 2000.

QUEIROZ, Y. S.; ISHIMOTO, E. Y.; BASTOS, D. H. M.; SAMPAIO, G. R.; TORRES, E. A. F. S. Garlic (*Allium sativum* L.) and ready-to-eat garlic products: In vitro antioxidant activity. *Food Chemistry*, v. 115, p. 371-374, 2009.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 26, n. 9, p. 1231-37, 1999.

REVILLA, E.; RYAN, J. M.; MARTIN-ORTEGA, G. Comparison of several procedures used for the extraction of anthocyanins from red grapes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, n. 11, 1998.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

RITTER, U. G. Obtenção de bebida dietética a partir do suco de acerola (*Malpighia glabra* L.). 1994, 147p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ROCKENBACH, I. I.; RODRIGUES, E.; CATANEO, C.; GONZAGA, L. V.; LIMA, A.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Phenolic acids and antioxidant activity of *Physalis peruviana* L. fruit. *Alimentação e Nutrição*, v. 19, n. 3, p. 271-276, 2008.

ROCKENBACH, I. I.; SILVA, G. L.; RODRIGUES, E.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades Tannat e Ancelota. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, p. 238-244, 2008.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

ROSA, J. S.; GODOY, R. L. O.; OIANO NETO, J.; CAMPOS, R. S.; MATTA, V. M.; FREIRE, C. A.; SILVA, A. S.; SOUZA, R. S. Desenvolvimento de método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 4, 837–846, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; Brito, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D.; MANCINI FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

RUMBAOA, R. G. O.; CORNAGO, D. F.; GERONIMO, I. M. Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. *Food Chemistry*, v. 113, p. 1133-1138, 2009.

SANCHO, S. O. Efeito do processamento sobre características de qualidade do suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). 2006. 137f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SCHANDERL, S. H. Tannins and related phenolics. In: Joslyn, M.A. *Methods in Food Analysis*. Ed. Academic Press inc., New York, p. 701-725. 1970.

SHERER, R.; RYBKA, A. C. P.; GODOY, H. T. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e Avaliação da estabilidade em sucos de caju. *Química Nova*, v. 31, n. 5, p. 1137-1140, 2008.

SCHLESIER, K.; HARWAT, M.; BOHM, V.; BITSCH, R. Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research*, v. 36, n. 2, p. 177-187, 2002.

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Pernambuco. *Perfil industrial de polpa de frutas*. Edição revisada e atualizada, Recife, 1997. 20p.

SEMENSATO, L. R.; PEREIRA, A. S. Características de frutos de genótipos de aceroleira cultivados sob elevada altitude. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 12, p. 2529-2536, 2000.

SENER, S. D.; ROBERTSON, J. A.; MEREDITH, F. I. Phenolic compounds of the mesocarp of cresthaven peaches during storage and ripening. *Journal of Food Science*, v. 54, n. 5, p. 1259-1268, 1989.

SHAHIDI, F. *Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications*. Newfoundland: AOCS press, p. 1-11, 1996.

SHAHIDI, F.; JANITA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. *Critical Review Food Science Nutrition*, v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992.

SHAW, P. E.; NAGY, S.; ROUSEFF, R. L. The shelf life of citrus products. In: CHARALAMBOUS, G. *Shelf life studies of food and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects*. Amsterdam: Elsevier, 755-778, 1993.

SHWARTZ, E.; GLAZER, I.; YA'AKOV, I. B.; MATITYYAHU, I.; BAR-ILAN, I.; HOLLAND, D.; AMIR, R. Changes in chemical constituents during the maturation and ripening of two commercially important pomegranate accessions. *Food Chemistry*, v. 115, p. 965-973, 2009.

SIMÕES, O. C. M.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; DE MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre/Florianópolis. Editora da UFSC/ Editora da Universidade UFRGS, 833p, 2002.

SILVA, M. F. V.; GUEDES, M.C.; MENEZES, H.C. Caracterização dos pigmentos antociânicos de diferentes cultivares de acerola (*Malpighia glabra*) por CLAE. In: LATIN AMERICAN CONGRESS ON CROMATOGRAPHY 7, 1888, Águas de São Pedro, Book of abstracts... São Carlos: USP, 1988.

SILVA NETO, R. M. *Cajuína: como produzir com qualidade*. Teresina: SEBRAE, 2003.

SILVA, W. S. *Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira*. 2008. 134f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMMELA-RANVENSON, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods of Enzymology*, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOARES, E. C., OLIVEIRA, G. S. F., MAIA, G. A., MONTEIRO, J. C. S., SILVA Jr., A., FILHO, M. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.21 n. 2 p.164-170, 2001.

SOARES, J. B. *O caju: aspectos tecnológicos*. Fortaleza: BNB, 1986. 256p.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista Nutrição*, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOONG, Y.; BARLOW, P. J. Quantification of gallic acid and ellagic acid from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) seed and mango (*Mangifera indica* L.) kernel and their effect on antioxidant activity. *Food Chemistry*, v. 97, 2006.

SOUZA FILHO, M. S.M. *Aspectos físicos, químicos, físico-químicos e tecnológicos de diferentes clones de caju (Anacardium occidentale)*. 1987. 196p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, K. A.; SILVA, W. S.; MACIEL, M. I. S.; MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A. G. Avaliação do teor de antocianinas e flavonóis em frutos de 9 genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) do banco ativo de germoplasma da Universidade Federal Rural de Pernambuco (BAG/UFRPE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2004, Recife. CD-ROM.

SOUZA, M. C. de. *Qualidade e atividade antioxidante de frutos de diferentes progenies de açaizeiro (Euterpe oleracea Mart)*. 2007. 124f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, M. J. H.; GUIMARÃES, M. C. A.; GUIMARÃES, C. D. L.; FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, A. M. S. Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 2, p. 390–396, 2006.

STANGELAND, T.; REMBERG, S. F.; LYE, K. A. Total antioxidant activity in 35 Ugandan fruits and vegetables. *Food Chemistry*, v. 113, p. 85-91, 2009.

STOCLET, J. C.; CHATAIGNEAU, T.; NDIAYE, M.; OAK, M. H.; BEDOUI, J. E.; CHATAIGNEAU, M.; SCHINI-KERTH, V. B. Vascular protection by dietary polyphenols. *European Journal of Pharmacology*, v. 500, p. 299-313, 2004.

SU, M. S., SILVA, J. L. Antioxidant activity, anthocyanins, and phenolics of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) by-products as affected by fermentation. *Food Chemistry*, v. 97, n. 3, p. 447–451, 2006.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The fenolic constituents of *Prunus domestica*. *Journal Science Food Agriculture*, v. 10, p. 135-144, 1959.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, v. 13, p. 215-225, 2002.

TALCOTT, S. T.; PERCIVAL, S. S.; PITTET-MOORE, J.; CELORIA, C. Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, 935-941, 2003.

TAVARES, J. T. Q.; SANTOS, C. M. G.; TEIXEIRA, L. J.; SANTANA, R. S.; PORTUGAL, A. M. Estabilidade do ácido ascórbico em polpa de acerola submetida a diferentes tratamentos. *Magistra*, v. 15, n. 2, 2003.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Caracterização físico-química e sensorial de suco de laranja processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004. Recife: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

TERMENTZI, A.; KEFALAS, P.; KOKKALOU, E. Antioxidant activities of various extracts and fractions of *Sourbus domestica* fruits at different maturity stages. *Food Chemistry*, v. 98, p. 599-608, 2006.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.19, p. 669-675, 2006.

TÜRKER, N.; ERDOGDU, F.; “Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.). *Journal of Food Engineering*, v. 76, n. 4, 2006.

UBOLDI EIROA, M. N. Microorganismos deteriorantes de suco de frutas e medidas de controle. *Boletim SBCTA*, Campinas, v. 23, n. 3/4, p. 141-160, 1989.

UMME, A. Characteristics of soursop natural puree and determination of optimum conditions for pasteurization. *Food Chemistry*, v. 65, 315-322, 1996.

USDA - Department of Agriculture (USDA). Agricultural Research Service: *USDA Nutrient Database for Standard Reference*, release 17, SR 17. 2004. Disponível em: <www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. Acesso em: 24 de dezembro de 2010.

USDA - Department of Agriculture (USDA). Agricultural Research Service: *USDA National Nutrient Database for Standard Reference*, Release 22, 2009. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl> Acesso em: 18 de dezembro de 2010.

VASCO; C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, v. 111, p. 816-823, 2008.

VENDRAMINI, A. L. A.; TRUGO, L. C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 15, n. 5, p. 664-668, 2004.

VILLACHICA, H. *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia*. Lima: Tratado de Cooperación Amazonia, 1996. p. 33-42. (TCA-SPT, 44).

WAIT, A. J.; JAMIELSON, G. I. The cashew: its botany and cultivation. *Queensland Agricultural Journal*, p. 253-257, 1986.

WANASUNDARA, U.; AMAROWICZ, R.; SHAHIDI, F. Isolation and identification of an antioxidative component in canola. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. v. 42, n. 6, p. 1285-1290, 1994.

WANG, H., CAO, G., PRIOR, R.L. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 44, p. 701-705, 1996.

WANG, J.; MAZZA, G. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN-gama-activated RAW 264.7 macrophages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 50, p. 4183- 4189, 2002.

YAMASHITA, F.; BERNASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 1, p. 92-94, 2003.

YEH, C. T.; YEH, G. C. Effects of phenolics acids on human phenolsulfotransferases in relation to their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 1474-1479, 2006.

YU, J.; VASANTHAN, T.; TEMELLI, F. Analysis of phenolic acids in barely by high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, p. 4352-4358, 2001.